

PERCEPÇÃO HÁPTICA

**NO DESIGN COLABORATIVO SÍNCRONO
MEDIADO PELO COMPUTADOR**

GUILHERME PHILIPPE GARCIA FERREIRA

Universidade Federal do Paraná | UFPR

Setor de Artes. Comunicação e Design | Sacod

Programa de Pós-Graduação em Design | PPG-Design UFPR

Curitiba | 2014



PERCEPÇÃO HÁPTICA

NO DESIGN COLABORATIVO SÍNCRONO

MEDIADO PELO COMPUTADOR

GUILHERME PHILIPPE GARCIA FERREIRA

Orientador: Prof. Dr. Adriano Heemann

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design, Setor de Artes, Comunicação e Design, da Universidade Federal do Paraná, linha de pesquisa Sistemas de Produção e Utilização.

Curitiba | 2014

Catálogo na publicação

Fernanda Emanoéla Nogueira – CRB 9/1607

Biblioteca de Ciências Humanas e Educação - UFPR

Ferreira, Guilherme Philippe Garcia

Percepção háptica no design colaborativo síncrono mediado pelo computador / Guilherme Philippe Garcia Ferreira – Curitiba, 2014.
174 f.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Adriano Heemann

Dissertação (Mestrado em Design) – Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná.

1. Design colaborativo. 2. Ambientes virtuais compartilhados.
3. Percepção. I. Título.

CDD 745.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Artes, Comunicação e Design
Programa de Pós-Graduação em Design

TERMO DE APROVAÇÃO

GUILHERME PHILIPPE GARCIA FERREIRA

PERCEPÇÃO HÁPTICA NO DESIGN COLABORATIVO SÍNCRONO MEDIADO PELO COMPUTADOR

Dissertação de Mestrado aprovada em sua versão definitiva como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Design, área de concentração em Design Gráfico e de Produto, no Programa de Pós-Graduação em Design do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná.

Curitiba, 20 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Adriano Heemann
(orientador e presidente da banca - UFPR)

Profa. Dra. Vania Ribas Ulbricht
(examinador interno - UFPR)

Prof. Dr. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira
(examinador externo - UDESC)

Agradeço

Familiares, pelo suporte incondicional.

Francielli, por compreender, acompanhar, compartilhar e estar.

Amigos novos e antigos presentes no dia-a-dia ou no mundo virtual.

Prof. Dr. Adriano Heemann, sempre disposto, técnico e com palavras
de grande reflexão.

Aos que nas menores das ações geram a surpresa do incrível.

Ao suporte do Programa de Pós-Graduação em Design da
Universidade Federal do Paraná. A pesquisa foi viabilizada pelo
Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das
Universidades Federais (REUNI), por meio de bolsa de Mestrado.

Ora a diferença entre o sentir e o perceber todos a compreendem e dela tem consciência; mas basta a nós dizer, para melhor se compreender por um exemplo, que um paralítico que tenha os olhosãos e o resto do corpo ou parte dele atacado da paralisia, vendo que o esfregam, que o sangram, que o causticam, deve perceber e dá indícios de perceber que se lhe fazem todas aquelas coisas; tanto assim que diz que lhe não façam nada porque é de balde, ou coisa semelhante; mas nada sente e disso ele tem consciência também. Aqui, temos pois a diferença entre sentir e perceber; porque o paralítico percebe sem sentir o que lhe fazem.

Mas para perceber é necessário também, como para sentir, que haja objeto perceptível, que se pinte na retina e que daqui vá a impressão transmitida ao cérebro. Nem se diga que não temos sentimento e percepções só quando vemos materialmente, atendendo a que gozamos e sofremos pela inteligência como temos dito, e que por isso é inexata a doutrina de que é necessário haver também um objeto que afete nosso sentidos, entre as coisas necessárias para se dar a sensação ou percepção. Porque é certo que muitas vezes padecemos ou gozamos pelas recordações que temos, assim como muitas vezes pensamos e discorremos sobre coisas que não nos estão afetando os sentidos nessa ocasião; mas para tudo isso há a presença de um ou mais objetos da memória. Senão são pois objetos atualmente presentes em si, são presentes pela sua representação na memória e por consequência em pé fica ainda a doutrina.

RESUMO

Inserido no tema “Design Colaborativo”, esta pesquisa investiga a importância da percepção háptica em sistemas colaborativos remotos síncronos. A pesquisa compreende a emergente necessidade de colaboração remota com times multidisciplinares para o alcance de resultados efetivos em projetos, na qual os ambientes virtuais colaborativos parecem uma aposta promissora ao design colaborativo. Neste cenário, o toque que é um componente essencial ao design de produto poderá ser quesito básico para a prática projetual virtual futura. Deste modo, delimitou-se o problema da presente pesquisa pelo seguinte questionamento: qual o papel da modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador?

A investigação técnica desta pesquisa foi executada com o uso metodológico de duas referências: uma revisão teórica-empírica, na qual utilizou-se do modelo estruturado de revisão bibliográfica RBS que é composto por uma revisão bibliográfica de documentos relevantes aos temas pesquisados: Colaboração, Ambientes Virtuais, Informação e Percepção, e Háptica; e uma pesquisa com a aplicação do método Delphi adaptado com as analogias da Sinética. O discurso obtido através destes métodos foi o articulador das conclusões desta pesquisa.

Como objetivo geral esta pesquisa buscou determinar o papel da modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador. O produto final que estabelece tal determinação é composto por um mapeamento de características e propostas de pesquisa e aprimoramento do design colaborativo síncrono mediado pelo computador apoiado por dispositivos hápticos.

Dentre as conclusões observou-se que a háptica no desenvolvimento colaborativo ainda é um estudo incipiente que demanda avanços em tecnologia e pesquisa. Embora, seja uma prática em estágio inicial de desenvolvimento existe uma grande prospectiva de seu uso em sistemas futuros de desenvolvimento remoto.

Palavras-Chave: háptica; design colaborativo; síncrona; ambientes virtuais; percepção.

ABSTRACT

Inserted on the theme "Collaborative Design", this research investigates the importance of haptic perception in synchronous remote collaborative systems. The research comprises the emerging need for remote collaboration with multidisciplinary teams to achieve tangible results in projects in which the collaborative virtual environments seem to be a promising bet to collaborative design. In this scenario, the touch which is an essential component to the product design can be a basic need for the future virtual design practice. Thereby the problem of this research is delimited by the following question: what is the role of sensory modality touch-pressure, stimulated by haptic devices in synchronous computer-mediated collaborative design?

The technical investigation of this research was performed with the methodological use of two references: a theoretical and empirical review, in which was used a structured literature review RBS model that consists of a literature review of relevant documents to the topics surveyed: Collaboration, Virtual Environments, Information and Awareness and Haptics, and a research with the application of the Delphi method adapted with the analogies of Sinetica. The discourse obtained by these methods was the articulator for the conclusions of this research.

As the main objective this study sought to determine the role of sensory modality touch-pressure, stimulated by haptic devices in synchronous computer-mediated collaborative design. The final product that establishes this determination is made by a mapping features and proposals for research and improvement of synchronous computer-mediated collaborative design supported by haptic devices.

Among the findings it was observed that the haptic collaborative development is still in an incipient study that demand advances in technology and research. Although, it is a practice in early stage of development there is a great prospect of its use in future systems for remote development.

Keywords: haptic, collaborative design, synchronous, virtual environments, awareness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo 3C	19
Figura 2 - Esquemático RBS	25
Figura 3 - Estrutura da representação em função do conceito.....	35
Figura 4 – Interações Ator-Artefato-Grupo-Contexto.....	39
Figura 5 - Protocolo de negociação ANED.....	42
Figura 6 - Visualização de componente em RA	46
Figura 7 - Avaliação de componente em RA.....	46
Figura 8 - Colaboração de usuários co-localizados em RA	47
Figura 9 - Kinect para Windows.....	48
Figura 10 - Desenvolvimento em sistema CAVE de RV	49
Figura 11 - VP4PaD	51
Figura 12 - Plataforma colaborativa CoRed.....	52
Figura 13 - Desenvolvimento colaborativo no SecondLife	57
Figura 14 – COENV.....	60
Figura 15 - Extensão espacial	68
Figura 16 - Ambiente procedural / atitudinal.....	70
Figura 17 - Emoções em Avatar.....	71
Figura 18 - Movimentação do olho	73
Figura 19 - Prática colaborativa com ferramenta háptica ente ator/supervisor	74
Figura 20 - Metáforas visuais Second Life	77
Figura 21 - Arquitetura básica de um sistema háptico baseado na física	87

Figura 22- Cenários de trabalho colaborativo	95
Figura 23 - Trajetória por pontos utilizando VICON™ e renderizador JACKLive™	97
Figura 24 - Luva de dados	97
Figura 25 - Exibição guiada por marcador	98
Figura 26 - Visualização do OpenCascade com HMD	99
Figura 27 - Captura de movimento e olhar	99
Figura 28 – VirtuSphere	100
Figura 29 - Plataforma de Caminhada WizDish	101
Figura 30 - Indicador tátil para usuário com déficit visual	102
Figura 31 - Realidade aumentada com marcador	103
Figura 32 – Biomotion	103
Figura 33 – Sistema multimodal e uso de dispositivos hápticos	104
Figura 34 - Trabalho imersivo compartilhado	105
Figura 35 - Treinamento imersivo de cirurgia	105
Figura 36 - Método Delphi.....	111
Figura 37 - Analogias Sinética	112
Figura 38 - Aplicação Delphi + Sinéti	113
Figura 39 - Questionário 1 - Visualização geral das respostas	120
Figura 40 - Questionário 1 – Perceptivos	121
Figura 41 - Questionário 1 – Emocionais.....	121
Figura 42 - Questionário 1 – Cognitivos	122
Figura 43 - Questionário 1 – Tácteis.....	122
Figura 44 - Questionário 1 – Estéticos.....	123

Figura 45 - Questionário 1 – Multissensoriais	123
Figura 46 - Questionário 2 - Questão 2	130
Figura 47 - Questionário 2 - Questão 3	131
Figura 48 - Mapa Colaboração Resumido	140
Figura 49 - Mapa Percepção Resumido	141
Figura 50 - Mapa Ambientes Virtuais Resumido	142
Figura 51 - Mapa Háptica Resumido	143

TABELA

Tabela 1 - Diferença entre Forecasting e Foresight	109
--	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura RBS.....	26
Quadro 2 - Categorias de conhecimento	34
Quadro 3 - Síntese de interações	40
Quadro 4 - Retorno a uma entrada	41
Quadro 5 - Estudos relacionados pelos autores de P&D em AV	52
Quadro 6 - Ações básicas gestuais do Second Life	76
Quadro 7 - Atributos dos Objetos	88
Quadro 8 - Caracterização para seleção.....	91
Quadro 9 - Orientações para o desenvolvimento de sistemas hápticos	92
Quadro 10 - Carta Convite	117

Quadro 11 - Questionário 1.....	118
Quadro 12 - Questionário 2.....	127
Quadro 13 - Questionário 2 - Questão 4	131
Quadro 14 - Questionário 3.....	135
Quadro 15- Resumo respostas - P1Q3	137
Quadro 16 - Resumo respostas - P2Q3	138
Quadro 17 - Resumo respostas - P3Q3	139
Quadro 18 - Revisão Bibliográfica Sistemática - Colaboração.....	158
Quadro 19 - Referências da RBS – Colaboração.....	159
Quadro 20 - Revisão Bibliográfica Sistemática - Ambientes Virtuais Colaborativos.....	161
Quadro 21 - Referências da RBS – Ambientes Virtuais	162
Quadro 22 - Revisão Bibliográfica Sistemática – Informação e Percepção.....	164
Quadro 23 - Referências da RBS – INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO	165
Quadro 24 - Revisão Bibliográfica Sistemática - Dispositivos Hápticos	167
Quadro 25 - Referências da RBS – HÁTICA.....	168

SUMÁRIO

1. Capítulo 1 INTRODUÇÃO	18
1.1. PROBLEMA DA PESQUISA	21
1.2. OBJETIVOS.....	21
1.2.1. Objetivo geral	21
1.2.2. Objetivos específicos	22
1.3. JUSTIFICATIVA	22
1.4. ESCOPO	24
1.5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA - RBS.....	25
1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	26
2. Capítulo 2 COLABORAÇÃO	29
2.1. DESIGN COLABORATIVO	29
2.1.1. Caracterização	31
2.2. COMUNICAÇÃO.....	32
2.3. COOPERAÇÃO	33
2.3.1. Cognição	35
2.4. COORDENAÇÃO	37
2.4.1. Dinâmicas	38
2.5. ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO	43
3. Capítulo 3 AMBIENTES VIRTUAIS.....	44
3.1. MULTIMÍDIA.....	44
3.2. REALIDADE AUMENTADA	45

3.3.	REALIDADE VIRTUAL	48
3.3.1.	Ambientes Virtuais	50
3.3.2.	Ambientes Virtuais Colaborativos	54
3.3.3.	Mundos Virtuais	56
3.4.	TECNOLOGIAS DE SUPORTE A COLABORAÇÃO	58
3.4.1.	Sistemas colaborativos baseados na web	58
3.4.2.	Ferramentas para a colaboração	59
3.5.	ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO	62
4.	Capítulo 4 INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO	64
4.1.	PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO	65
4.2.	PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO NÃO VERBAL	67
4.2.1.	Gestual	68
4.2.2.	Facial	71
4.2.3.	Olhar	72
4.2.4.	Háptica	73
4.3.	PERCEPÇÃO E MUNDOS VIRTUAIS	74
4.3.1.	Avatares	75
4.3.2.	Agentes Virtuais e Inteligência Artificial	77
4.4.	ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO	78
5.	Capítulo 5 HÁPTICA	80
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DA HÁPTICA	80
5.1.1.	Uso de interações hápticas e táteis	81
5.1.2.	Percepção háptica e sistemas multimodais	83

5.1.3.	Dificuldades na percepção háptica.....	85
5.1.4.	Atributos dos objetos	86
5.1.5.	Tarefas de Interação	89
5.1.6.	CrITÉrios de seleÇão do dispositivo háptico	90
5.1.7.	Customizações dos sistemas hápticos.....	92
5.2.	HÁPTICA E COLABORAÇÃO	93
5.3.	DISPOSTIVOS DE ENTRADA	96
5.3.1.	Dispositivos de trajetória.....	96
5.3.2.	Dispositivos de interação.....	101
5.4.	ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO	106
6.	Capítulo 6 MÉTODOS DE PESQUISA	108
6.1.	CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA.....	108
6.2.	ABORDAGEM DA PESQUISA.....	108
6.3.	DINÂMICA DE INVESTIGAÇÃO	110
6.4.	DELPHI.....	110
6.5.	SIN�TICA.....	111
6.6.	ADAPTAÇÃO DO MÉTODOS DELPHI + SIN�TICA.....	112
7.	Capítulo 7 APLICAÇÃO DO MÉTODOS	115
7.1.	DESCRIÇÃO DO TRABALHO EXECUTADO	115
7.2.	CARTA CONVITE	116
7.3.	SÍNTESE PARADIGMÁTICA	117
7.3.1.	Questionário 1	117
7.3.2.	Relatório dos dados obtidos Questionário 1.....	119

7.3.3.	Paradigmas da Háptica	124
7.4.	SÍNTESE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA.....	126
7.4.1.	Questionário 2	126
7.4.2.	Relatório dos dados obtidos Questionário 2	129
7.4.3.	Prospectiva Tecnológica	132
7.5.	MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS	135
7.5.1.	Questionário 3	135
7.5.2.	Relatório dos dados obtidos Questionário 3	136
7.5.3.	Mapeamento de Características	139
8.	Capítulo 8 CONCLUSÕES.....	145
8.1.	Orientações a futuros pesquisadores	147
	REFERÊNCIAS	149
	ANEXOS.....	157
	ANEXO 1 - RBS – COLABORAÇÃO	158
	ANEXO 2 - RBS – AMBIENTES VIRTUAIS	161
	ANEXO 3 - RBS – INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO	164
	ANEXO 4 - RBS – DISPOSITIVOS HÁPTICOS.....	167
	ANEXO 5 – MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS COLABORAÇÃO.....	171
	ANEXO 6 - MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS AMBIENTES VIRTUAIS	172
	ANEXO 7 - MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO	173
	ANEXO 8 - MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS DISPOSITIVOS HÁPTICOS.....	174

1. CAPÍTULO 1 | INTRODUÇÃO

Os ambientes de trabalho que se valiam do compartilhamento de espaço e contato entre pares para o progresso das atividades têm-se alterado pelo desenvolvimento tecnológico e atualmente grande parte das operações são vinculadas a uma interface multimídia computadorizada. Os monitores de computadores atuam como interface no trabalho atual, convergindo virtualmente ambiente social, técnico e pessoal. Desta forma, o trabalho em grupo ganhou dimensões em que ocorre através do suporte computacional, sem as barreiras do distanciamento físico se limitando apenas ao alcance e aporte tecnológico, de acordo com Ellis *et al.* (1991). Neste contexto, a colaboração têm emergido discussões e desenvolvimentos em variadas frentes de pesquisa.

A colaboração é uma prática humana que pode ser considerada condição fundamental do desenvolvimento na sociedade contemporânea, conforme Lottaz *et al.* (1999). Embora existam divergências sobre os significados do termo e conceitos correlatos o interesse pela colaboração é mundial e discutido em diferentes áreas do conhecimento (LIMA e HEEMANN, 2009). Em grupo tem-se o preceito que a capacidade de produzir resultados potencialmente melhores é mais notória que no desenvolvimento individual, conforme Fuks *et al.* (2003). Neste cenário de aparente distanciamento entre os envolvidos, pelo uso de interfaces tecnológicas, a colaboração tem ganhado destaque como prática para a competitividade. O desenvolvimento colaborativo traz parceiros remotos, para qual, a tecnologia cumpre papel crucial.

Para auxiliar a colaboração e as práticas de projeto com o uso do computador, dispositivos multissensoriais são desenvolvidos buscando aproximar o objeto virtual e os usuários remotos das percepções do mundo real. Um dos caminhos de aprimoramento da relação usuário-computador-usuário através de canais sensoriais são os dispositivos hápticos, alvo de pesquisas e desenvolvimentos nas últimas décadas, principalmente no campo da Engenharia, Ciências da Computação e Medicina, tendo despontado ainda de forma incipiente nos estudos de Design. Os dispositivos hápticos atuam simulando relações de tato-pressão através de interfaces computacionais, lógicas de programação e o uso de hardwares.

A referência tátil no design de produtos pode ser compreendida como um dos pilares que fundamentam a concepção final do projeto. O toque no design de produto se relacionam a forma, textura, flexibilidade, dureza e condutividade térmica. Nas relações interpessoais de trabalho o toque gera interações sociais íntimas como um cumprimento, um chamamento ou direcionamento guiado. Nas interfaces computacionais os dispositivos hápticos buscam

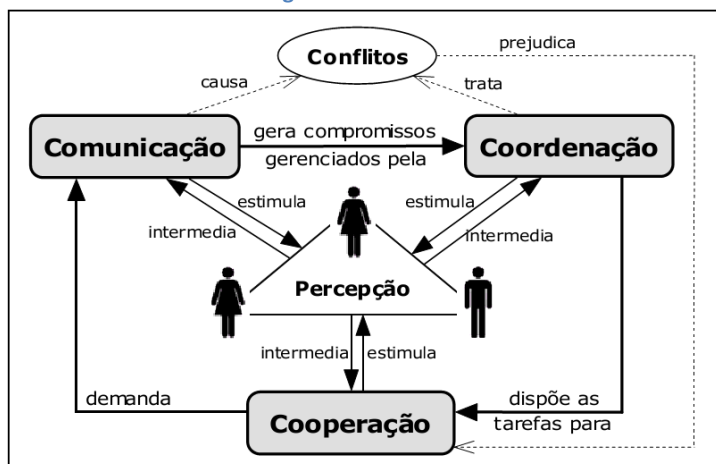
auxiliar a compreensão das referências físicas dos objetos virtuais. A aquisição de informação pelo toque em conjunto a outros sentidos vinculados a percepção, como a audição, visão e cheiro, compõe um quadro de referências e identificações que converge sensações e cognição, compreendendo o entendimento multissensorial.

A percepção parece então possuir um papel crítico na compreensão de informações sobre o ambiente e também dos envolvidos. Segundo a pesquisa de Durão:

O termo “percepção” deriva do latim **perceptio**, ‘colheita’; ‘concepção de um pensamento ou ideia’; ‘conhecimento certo’; de **percipio**, ‘apoderar-se de’; ‘tomar/apanhar’; ‘perceber’; ‘experimental/sentir’; ‘captar pela inteligência’; ‘conhecer de modo certo’, de **capio**, ‘capturar’; ‘deter’; ‘apreender’; ‘apoderar-se de’; ‘receber’. A semântica de “percepção” parece, pois, ter as raízes no toque e no movimento: com efeito, os sentidos precisam de ser tocados (por luz, forma, som, odor ou gosto). Assim, não é por acaso que as teorias do conhecimento sempre consideraram o sentido háptico. (DURÃO, 2006, p. 155, grifo nosso)

Embora não apresente um significado único o termo percepção parece argumentar uma intenção de apreensão da informação compreendida através de uma sensibilização. Para os autores Fuks *et al.* (2003) e Gerosa *et al.* (2003) a percepção atua como eixo central do processo colaborativo. Segundo o modelo de colaboração (Figura 1) apresentado por Fuks *et al.* (2003, p. 2) “os indivíduos têm que trocar informações (se comunicar), organizar-se (se coordenar) e operar em conjunto num espaço compartilhado (cooperar).” Estes eventos no processo colaborativo resultam nas informações que são distribuídas ao grupo através dos elementos verbais e não verbais, associados “a percepção que é um conceito essencial ao modelo 3C” (FUKS *et al.* 2003, p. 5).

Figura 1 - Modelo 3C



Fonte: Fuks *et al.* (2003, p.4)

O discurso de Fuks *et al.* (2003) e Gerosa *et al.* (2003) aborda a percepção como forma de aquisição do conhecimento através da compreensão da informação, e também na forma ativa e inerente da capacidade de comunicar através de diferentes canais de informação e estar em sintonia com os envolvidos. Verifica-se no Modelo 3C, proposto pelos autores, que a colaboração é assimilada através de estímulos de comunicação, coordenação e cooperação aferidos e compreendidos pelo processamento cognitivo da percepção. Estes estímulos podem ser enviados e interceptados por diferentes envolvidos no processo colaborativo e derivam de diferentes canais de comunicação e troca informacional, como a fala, olhar, os gestos e o tato. Segundo Fuks *et al.* (2003, p. 8) “os indivíduos buscam nos elementos de percepção as informações necessárias para montar seu contexto de trabalho e antecipar ações e necessidades, bem como, identificar as intenções dos companheiros do grupo”.

Retomando os temas abordados temos, a alteração do trabalho pela tecnologia, a evolução dos meios de colaboração e compartilhamento de informação, a colaboração remota, o desenvolvimento de dispositivos multissensoriais e a percepção como articulador do trabalho colaborativo. Aprofundando este panorama, os ambientes colaborativos que apoiam as equipes no trabalho remoto têm como base principal a web, através de sites que favorecem a colaboração, ou softwares, que se apoiam em protocolos de internet para integração de computadores.

A colaboração, neste contexto, ocorre em ambientes virtualizados que podem ser desenvolvidos para diferentes finalidades. O trabalho de Dodds (2009), aponta dentre as finalidades destes ambientes, jogos; aplicações de desenvolvimento e engenharia; planejamento urbano; educação e auxílio à medicina. Rodello e Brega (2011, p. 43) definem o ambiente virtual como “aquele ambiente totalmente gerado por computador, podendo ou não representar um ambiente já existente”. Para o design, o uso destes ambientes para o projeto emerge a necessidade do aprimoramento das ferramentas de interação e de experiência de uso.

Os dispositivos multissensoriais utilizados nos ambientes virtuais parecem agir, sobretudo na percepção sensorial, provendo características de um cenário simulado real ou imaginado, através do retorno às entradas do usuário, conforme Darden e Schwartz (2009), Fagiani *et al.* (2011) e Fitzsimons (2012). A relação de como este feedback influencia na percepção do usuário frente aos sistemas e outros usuários tem sido pesquisada por autores como Duque *et al.* (2012), Kotlyar e Ariely (2013), Simard e Ammi (2012), Wang e Zhang (2012) e Yuill e Rogers (2012) entretanto, é um discurso incipiente ao tratar de ambientes colaborativos em sistemas remotos síncronos. O uso de dispositivos hápticos nestes ambientes é abordado principalmente na dimensão individual do trabalho com foco na sensibilização do toque.

Compreender se a percepção háptica em ambientes colaborativos pode favorecer o trabalho síncrono é uma lacuna em discussão principalmente em aplicações voltadas a Medicina, como em Gosselin et al. (2013), mas pouco do discurso aborda o entendimento sob a ótica do design. Ressalta-se que a percepção “é essencial para garantir o fluxo e a naturalidade do trabalho, assim como para diminuir as sensações de impessoalidade e distância, comuns nos ambientes digitais” conforme Gerosa *et al.* (2003, p. 2). Desta forma, verifica-se a importância de investigar os dispositivos hápticos e seus vínculos com o trabalho colaborativo remoto, de forma a abordar não apenas os conhecimentos acerca do retorno tátil, mas sim de uma sensibilização cognitiva mais aprofundada sugerida pelo termo percepção.

Esta pesquisa investiga a importância da percepção háptica em sistemas colaborativos remotos síncronos. Sob ótica interdisciplinar, esta compreensão demanda uma pesquisa de tal modo aprofundada, que integre conhecimentos de Psicologia e Neurociência Cognitiva, Colaboração, Design, Ergonomia e Ciência da Computação. Para tanto, utiliza de conhecimentos adquiridos através de uma Revisão Bibliográfica Sistemática do tema proposto, como também, de uma pesquisa efetuada com especialistas através de uma metodologia adaptada. Como resultados a pesquisa aponta informações acerca dos paradigmas atuais do tema proposto, perspectivas tecnológicas e também levanta características que podem ser investigadas para o aprimoramento de dispositivos e sistemas para colaboração.

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

Com base nas observações e nas lacunas apresentadas anteriormente, delimita-se o problema da presente pesquisa pelo seguinte questionamento: qual o papel da modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Compreendendo que o design colaborativo mediado pelo computador não se refere necessariamente a simulação de ambientes de colaboração co-localizada entre os usuários, e que existe uma importância crescente dos estudos da percepção em sistemas colaborativos síncronos remotos, esta pesquisa tem como **objetivo geral**: determinar o papel da modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador. O produto final que estabelece tal determinação é composto por

um mapeamento de características e propostas de pesquisa e aprimoramento do design colaborativo síncrono mediado pelo computador apoiado por dispositivos hápticos.

1.2.2. Objetivos específicos

Como base para fomentar o objetivo geral apresentado esta pesquisa utiliza dos seguintes objetivos específicos:

- Articular as informações obtidas através do referencial teórico, frente à opinião de especialistas pesquisadores da háptica;
- Sintetizar as informações coletadas e analisadas de modo a representar o paradigma atual do design colaborativo síncrono mediado pelo computador;
- Apresentar, através das informações levantadas, um mapeamento de características e propostas de pesquisa e aprimoramento do design colaborativo síncrono mediado pelo computador apoiado por dispositivos hápticos.

1.3. JUSTIFICATIVA

Cada vez mais importante nas organizações o computador trouxe um cenário diferenciado para formação de equipes de desenvolvimento. O processo de pesquisa e desenvolvimento que antigamente dependia de contato físico, hoje se utiliza da rede de computadores e ferramentas web para efetuar a troca de informações e dar prosseguimento ao trabalho mesmo quando os integrantes de um projeto estão remotamente localizados. Para o design, esta oportunidade de trabalho, permite que o empresário em design de produtos e serviços possa atender a clientes globais com uma quantidade reduzida de reuniões presenciais, porém utilizando de processos colaborativos que incluem os envolvidos em etapas chave do desenvolvimento. Para tanto, o uso de tecnologias como a webcam e aplicativos de comunicação como o e-mail e grupos de discussão é cada vez mais constante.

Neste íterim observa-se que grande parte do design com práticas colaborativas não presenciais ainda se baseia em atividades assíncronas e não contempla o uso de sistemas de colaboração ativa síncrona. Autores como Germani et al. (2012a) argumentam que enquanto há bastante estudos sobre o desenvolvimento assíncrono o trabalho colaborativo síncrono apresenta lacunas principalmente em sistemas remotos apresenta uma capacidade interativa latentes de novos estudos e desenvolvimentos. Para o profissional de design o uso de alternativas tecnológicas avançadas é necessário para atualização frente ao mercado e possibilitar práticas inovadoras.

Compreendendo a importância da colaboração com times multidisciplinares para o alcance de resultados efetivos e a necessidade de integrar times remotos, os ambientes virtuais colaborativos parecem uma aposta promissora ao design colaborativo. Neste contexto, é importante perceber que na colaboração o papel da percepção, como observado no trabalho de Fuks *et al.* (2003), é central e demanda recursos de interação diversos. Dentre os recursos possíveis de comunicação os dispositivos hápticos apresentam capacidade de imersão do usuário com ferramentas voltadas ao trabalho nos ambientes virtualizados. O toque é um componente essencial ao design de produto e poderá ser quesito básico para a prática projetual virtual.

Os estudos referentes ao design colaborativo síncrono mediado pelo computador se aplicam a este cenário, em que as atividades de desenvolvimento são cada vez mais integradas em tempo real com pessoas localizadas remotamente. Como forma de desenvolver sistemas de colaboração mais adequados e interessantes aos usuários, é importante identificar características que possam ser norteadoras no desenvolvimento destas aplicações. Assim, solicita estudos das tecnologias emergentes como os dispositivos hápticos e das relações perceptivas dos usuários em ambientes colaborativos remotos.

Esta pesquisa também possui relevância para as normativas internacionais de padrões como a ISO 9241-930, promovendo informações relevantes ao desenvolvimento de padrões adequados as necessidades atuais e futuras. Para o corpo acadêmico o estudo dos processos colaborativos em sistemas virtuais poderá trazer esclarecimentos que se aplicam não apenas aos ambientes virtualizados de colaboração, mas também ao estudo da colaboração em ambientes co-localizados. A definição de uma ferramenta de interação como a háptica se justifica pelo seu crescente interesse em campos como da Medicina e Engenharias Groupware que vem trazendo contribuições relevantes ao trabalho colaborativo síncrono podendo nortear orientações ao desenvolvimento ao campo de design de produtos e serviços em ambientes colaborativos.

Para a Universidade Federal do Paraná, além dos conhecimentos advindos dos objetivos gerais e específicos que são contemplados na dissertação, também provém um avanço a linha de pesquisa de Sistemas de Produção e Utilização. O trabalho aborda sistemas que possam promover desenvolvimento tanto para os processos produtivos quanto às modalidades de acesso do usuário final a protótipos funcionais virtualizados.

1.4. ESCOPO

Esta pesquisa se estrutura em uma revisão bibliográfica de documentos relevantes aos temas pesquisados: Colaboração, Ambientes Virtuais, Informação e Percepção e Háptica. A intenção do trabalho foi entremear os conhecimentos adquiridos através de reflexões práticas sobre o conhecimento existente na literatura e da prática de pesquisa-ação. Por fim, decorrente das informações analisadas levanta paradigmas e perspectivas tecnológicas referentes ao campo de desenvolvimento remoto síncrono, além de abordar características para implantação de modelos futuros de colaboração apoiada por dispositivos hápticos.

Embora investigue a percepção háptica esta pesquisa não contemplou o uso de dispositivos sensoriais para seu desenvolvimento. Está aparente lacuna considera que o acesso a diferentes modelos e formatos de dispositivos hápticos e sistemas remotos de desenvolvimento colaborativo mediado pelo computador, embora possibilite uma gama específica de testes pelo pesquisador, já é contemplada satisfatoriamente para esta pesquisa através das referências identificadas e especialistas respondentes desta pesquisa através de discursos multidisciplinares. Assim, a pesquisa utiliza de conhecimentos diversos para compor um quadro de conhecimento acerca do uso destes dispositivos e do papel na percepção.

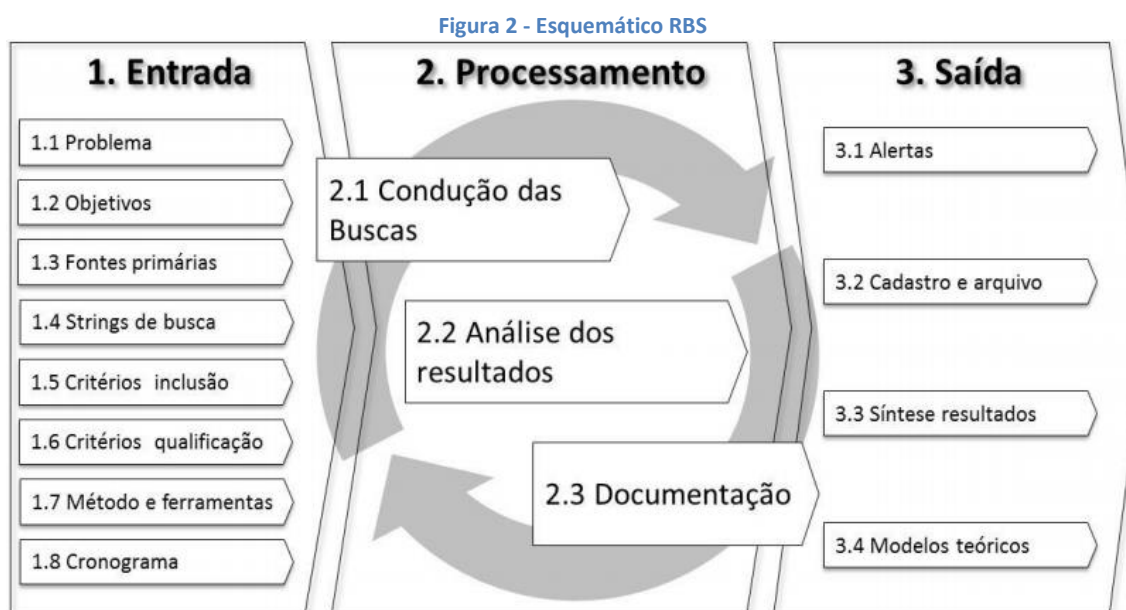
Como questões norteadoras dos questionários aplicados fez-se uso das seguintes premissas desenvolvidas ao longo da dissertação. A primeira considera que os dispositivos hápticos podem aprimorar a percepção do trabalho nos ambientes colaborativos por possibilitar uma relação de toque entre pessoa e objetos e até mesmo outros usuários. Os dados coletados nesta primeira etapa ajudaram a compor o quadro de paradigma atual da percepção háptica.

A segunda questão investigada trata que falhas comunicacionais e até mesmo a falta de colaboração entre os membros possam ser decorrentes da ausência de maiores estímulos sensoriais, ao passo que o tato através dos dispositivos hápticos poderia favorecer a imersão do usuário no ambiente colaborativo. Os dados coletados foram utilizados para incrementar o conteúdo referente a possíveis perspectivas de uso desta tecnologia em ambientes colaborativos síncronos.

Com a terceira questão, estima-se uma convergência crescente entre os ambientes virtuais e dispositivos hápticos. Teve como objetivo identificar como se dará o uso futuro de dispositivos hápticos e quais características balizadoras para novos estudos e desenvolvimentos tecnológicos de dispositivos hápticos. Esta última etapa de questionamento complementou o quadro de características e propostas de aprimoramento apresentando nas conclusões gerais da pesquisa de campo e revisão bibliográfica.

1.5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA - RBS

Para fundamentação teórica desta pesquisa foram executadas revisões bibliográficas sistemáticas. Segundo Conforto *et al.* (2011 p.1), “a revisão bibliográfica sistemática (RBS) é um **método** científico para busca e análise de artigos de uma determinada área da ciência”. A RBS possui estrutura explícita (Figura 2) e critérios objetivos, que busca a seleção não tendenciosa de dados. Pereira e Bachion (2006, p. 491) sugerem “que, diferentes pesquisadores, ao seguirem os mesmos passos descritos, cheguem às mesmas conclusões”. Os autores apontam que o método RBS segue uma estrutura de pesquisa replicável que é descrita pelo pesquisador para uma execução posterior. As informações obtidas na RBS são base de evidência para as conclusões. Conforme Lopes e Fracoli (2008, p. 771), “entre as principais características da revisão sistemática estão: fontes de busca abrangentes, seleção dos estudos primários sob critérios aplicados uniformemente e avaliação criteriosa da amostra”. A revisão aborda um corpo de conhecimento em cenário limítrofe, mas que contempla os principais documentos do tema de pesquisa.



Fonte: Extraído de Conforto *et al.* (2011)

Conclui-se que o objetivo da revisão sistemática é criar um corpo bibliográfico para investigar o tema chave selecionado. Conforto *et al.* (2011) sugerem a execução da **RBS** através de 15 etapas (ver Quadro 1) distribuídas em 3 fases (Entrada, Processamento e Saída) sendo que, a etapa de processamento conta com 3 Filtros de leitura. No Filtro 1, faz-se a leitura apenas do título, resumo e palavras-chave; Filtro 2, consiste na leitura da introdução e conclusão dos artigos, e repete a leitura do título, resumo e palavras-chave; Filtro 3, lê-se por completo o trabalho, analisa-se e interpreta-se o texto. Contudo, esta abordagem pode ser revisada para

melhor adequação às ferramentas de pesquisa utilizadas, à área de conhecimento abordada, assim como, aos resultados almejados.

Quadro 1 - Estrutura RBS

Fase	Etapas
1 – Entrada	Problema: definição do problema a ser abordado com a RBS
	Objetivos: objetivos específicos alinhados ao objetivo de pesquisa
	Fontes primárias: definição de artigos, periódicos ou bases de dados úteis para identificação de autores e artigos relevantes ao tema
	Strings de busca: definição dos termos de busca
	Crítérios de inclusão: alinhados aos objetivos da pesquisa
	Crítérios de qualificação: tais como, método de pesquisa utilizado, a quantidade de citações do artigo, classificação do periódico, e outros
	Método e ferramentas: definição do método de busca e ferramentas
	Cronograma: para realização da RBS, compra de equipamentos ou softwares, e outros
2 - Processamento	Filtro 1: leitura de título, resumo e palavras-chave
	Filtro 2: leitura da introdução e conclusão dos artigos, e repete a leitura do título, resumo e palavras -chave.
	Filtro 3: leitura completa do trabalho, análise e interpretação do texto.
3 - Saída	Alertas: definição e registro de alertas de atualização
	Cadastro e arquivo: cadastro dos documentos em software de gestão
	Síntese e resultado: relatório síntese da bibliografia pesquisada
	Modelos teóricos: construção de modelos teóricos e definição de etapas

Fonte: Extraída de Conforto *et al.* (2011)

Para este trabalho a RBS foi utilizada para definição do corpo de conhecimento das quatro áreas investigadas: Capítulo 2 | **COLABORAÇÃO**; Capítulo 3 | **AMBIENTES VIRTUAIS**; Capítulo 4 | **INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO**; Capítulo 5 | **HÁPTICA**. Os resultados individuais de cada ciclo de pesquisa podem ser observados respectivamente nos ANEXOS 1; 2; 3 e 4, e trazem a estrutura do processo efetuado para possibilitar a verificação metodológica dos resultados obtidos.

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No **capítulo 1** desta pesquisa são descritos o contexto em que se insere a pesquisa, problema, objetivos e resultados esperados. Na sequência, justifica-se a pesquisa através de informações que demonstram lacunas a serem preenchidas no meio acadêmico e o escopo é tratado de forma sucinta delimitando as entregas e restrições base da pesquisa.

No **capítulo 2** é feita uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema colaboração e suas dinâmicas. Este capítulo buscou identificar práticas de colaboração e negociação que ocorrem ao longo do processo de desenvolvimento. Da mesma forma foram observados estudos recentes da colaboração em ambientes virtuais buscando identificar questões vinculadas ao

uso de dispositivos multissensoriais em especial da háptica como meio de interação colaborativa. O capítulo encerra através de anotações gerais dos principais dados identificados no processo de revisão.

O **capítulo 3** aborda os ambientes virtuais colaborativos frente ao discurso do design de produtos. Esta seção do trabalho buscou identificar quais sistemas de colaboração remota são discutidos pelos pesquisadores nos últimos anos e possíveis inovações nesta temática. Através de uma revisão bibliográfica sistemática o capítulo discute os sistemas multimídia, a realidade aumentada e a realidade virtual, em especial os ambientes virtuais e os mundos virtuais. O capítulo encerra discutindo pontos gerais da colaboração em ambientes virtuais, sob o contexto de imersão em sistemas virtuais e a virtualização no ambiente real através da realidade aumentada.

O **capítulo 4** teve como objetivo principal entremear os conceitos de troca de informação discutidos anteriormente frente ao conceito da percepção. Assim, utilizando da revisão sistemática da bibliografia buscou-se traçar paralelos da percepção com os modos diferentes de informação em ambiente virtuais, abordando a comunicação verbal, e também os sinais informacionais não verbais, como o gesto, expressões faciais, o olhar, e como fechamento a háptica. O capítulo também aborda a percepção na colaboração em cenários virtuais discutindo formas de imersão do usuário como os avatares e as relações atitudinais com entidades de auxílio como agentes virtuais. O capítulo encerra com anotações gerais dos aspectos pesquisados.

No **capítulo 5** são discutidos os conceitos referentes a háptica, os dispositivos hápticos, interface de uso, fatores cognitivos e ainda critérios para seleção destes dispositivos. Este capítulo contou com uma revisão bibliográfica sistemática do tema e em conjunto utilizou das normas ISO 9241-910:2011 que fornece informações quanto a diferentes formas de interação e discute como estas interações podem ser aplicadas a uma variedade de tarefas; e também a ISO 9241-920:2009 que oferece recomendações para o hardware háptico assim como as interações em software. Esta ISO inclui discussões sobre o projeto; entradas e saídas háptica; combinações de interações tácteis e hápticas e outras modalidade, entre outras discussões técnicas da interação háptica. O capítulo também apresenta uma pesquisa exploratória não estruturada que foi efetuado para localização de componentes e sistemas não contemplados na revisão bibliográfica, mas que podem traçar cenários evolutivos da interação háptica. Encerra discutindo dentre os aspectos abordados pontos de relevância a esta pesquisa.

Na sequência o **capítulo 6** caracteriza a pesquisa metodológica; apresenta a abordagem de pesquisa e as dinâmicas de investigação executadas; descreve o processo de revisão

bibliográfica sistemática. Por fim apresenta a proposta metodológica de pesquisa de campo que trata da adaptação dos métodos Delphi e Sinética. Encerra apresentando o cronograma de desenvolvimento do pesquisador.

O **capítulo 7** contempla a aplicação do método de pesquisa de campo; o relatório de dados dos questionários encaminhados ao corpo de especialistas e finalmente a convergência de informações conforme metodologia aplicada para construção de paradigmas; perspectivas e o mapeamento de características. Esta convergência utiliza como base do conhecimento tanto as pesquisas bibliográficas efetuadas, como também os resultados referentes aos questionários encaminhados, dando fechamento às etapas de pesquisa.

Encerrando a apresentação da dissertação o **capítulo 8**, tece as conclusões finais do trabalho apresentando considerações e sugestões de trabalho futuro.

2. Capítulo 2 | COLABORAÇÃO

Os produtos e serviços são imprescindíveis no cotidiano contemporâneo e também para a saúde econômica das empresas. A competição nos diferentes nichos de negócios, intensificada pela globalização, emerge a busca do desenvolvimento de projetos inovadores com qualidade, velocidade e custos baixos (FATHIANATHAN E PANCHAL, 2009). Segundo Germani et al. (2012a), principalmente em empresas de pequeno e médio porte, a gestão da inovação é um processo contínuo que requer flexibilidade para enfrentar o mercado competitivo. As abordagens de engenharia simultânea, design colaborativo e times multidisciplinares, são modelos de projeto de produto investigados para uma rápida resposta ao mercado consumidor (YU *et al.* 2010). Segundo Vivacqua *et al.* (2011), na colaboração diferentes atores se reúnem para criar soluções a um problema de design. O sucesso das ações colaborativas depende de uma rede complexa de indivíduos direcionados a um objetivo comum (GERMANI *et al.* 2012).

Corroborando com o discurso global, em que existem alianças e parcerias entre empresas e desenvolvedores distribuídos remotamente, Fan *et al.* (2008) apontam que o processo de colaboração se encontra presente em modelos de interação face-a-face e ambientes virtuais de trabalho co-localizado ou remoto. Este fato se apoia no constante desenvolvimento tecnológico e é movido também pelas empresas que possuem cada vez mais equipes distribuídas geograficamente atuando colaborativamente. Desta forma, o design colaborativo trata de uma importante forma de interação incremental compartilhando informações e conhecimento entre usuários na busca de um objetivo comum (CHANDRASEGARAN *et al.* 2013). Conforme Shen *et al.* (2008), os membros de um time colaborativo remoto atuam em paralelo, de forma independente, coordenada e com interações frequentes.

Embora a abordagem de trabalho colaborativo auxiliado pelo computador tenha suporte nas empresas representam desafios de implantação e gestão. Neste contexto, os designers são confrontados com os desafios da integração de projetos em ambientes remotos e com equipes formadas por conjuntos de habilidades cada vez mais diversos, que devem ser compreendidos e aprofundados para o design colaborativo.

2.1. DESIGN COLABORATIVO

Para o alcance de uma representação final de produto que satisfaça as necessidades reclamadas o processo de design contempla a gestão do conhecimento. Quando este desenvolvimento ocorre através de equipes com conhecimentos distintos, pode ser

compreendido como intrinsecamente colaborativo e multidisciplinar. Conforme Vivacqua *et al.* (2011), o design colaborativo pode levar a melhores resultados, devido à discussão de alternativas incrementais e a sinergia entre os participantes com competências complementares. A este respeito Germani *et al.* (2012a, p. 13) sustentam que tendo como objetivo melhorar a tomada de decisão em empresas que estão geograficamente e temporalmente distribuídas o desenvolvimento colaborativo de produtos é amplamente estudado. Pesquisadores como Vivacqua *et al.* (2011) e Fan *et al.* (2008), buscam compreender possíveis conflitos em ambientes colaborativos que podem encadear atrasos ou falhas no desenvolvimento.

O design colaborativo segundo Yu *et al.* (2010), pode ser descrito como a junção de esforços para um objetivo comum, e ainda receber denominações como projeto colaborativo, projeto cooperativo, projeto distribuído, projeto simultâneo e design interdisciplinar. Para Tang *et al.* (2010), o desenvolvimento colaborativo principalmente de produtos complexos requer um alto grau de colaboração entre a equipe e organizações envolvidas. O autor menciona que este modelo de desenvolvimento tornou-se um novo paradigma para os projetos de produto e consiste da integração de ferramentas; intenção de projeto; ambiente de apoio e tecnologias adequadas de gestão.

Ao tratar do design colaborativo, Scott *et al.* (2012) abordam o conceito de co-criação de Prahalad e Ramaswamy (2004), como uma das capacidades emergentes dos processos participativos em que o esforço de desenvolvimento é compartilhado com o usuário final de forma mais aberta e inclusiva. Com o modal de design orientado ao usuário, os autores, discutem práticas para a integração do usuário no processo de desenvolvimento, sendo um campo no design que pode gerar inovações sociais desafiando os métodos clássicos de desenvolvimento. Para Sanders & Stappers (2008) *apud* Scott *et al.* (2012), no processo co-criativo os usuários finais podem auxiliar no desenvolvimento do produto contribuindo com suas capacidades analíticas e conceitos culturais individuais. Desta forma rompem a convecção de serem unicamente objetos de estudo balizadores do projeto. Entretanto, os autores reforçam que implementar práticas que fogem aos padrões clássicos e normas pré-estabelecidas exige a criação de um sistema completamente novo de valores, princípios e padrões, segundo Scott *et al.* (2012).

Segundo Freudenthal *et al.* (2011), nas últimas décadas os conceitos de design colaborativo evoluíram consideravelmente e têm como objetivo maior acelerar as decisões e evoluções no projeto industrial, provendo um impacto positivo na satisfação do usuário sobre novos produtos, sistemas ou organizações de trabalho. Corroborando Germani *et al.* (2012), apontam que o trabalho colaborativo é cada vez mais amplo nos processos de design como

meio de melhorar a qualidade do produto ou serviço reduzindo o tempo e custos de implantação. Conforme Yu *et al.* (2010) e Germani *et al.* (2012) independente da mídia adotada, física ou virtual, o processo colaborativo refere-se à interação de pessoas com conhecimentos por vezes conflitantes para um objetivo comum.

Tratando do processo de desenvolvimento Yu *et al.* (2010), apontam que na fase conceitual são necessárias reuniões de avaliação contínuas para sincronização dos conhecimentos e maior eficácia da colaboração. Para os autores em fases mais avançadas as dinâmicas de colaboração não são tão ativas, entretanto permanece a responsabilidade pelo compartilhamento de resultados entre os envolvidos. Em tal contexto Germani *et al.* (2012), discutem a colaboração avançada em projetos, referindo-se as etapas de desenvolvimento detalhado do produto. Os autores apontam que se trata de uma fase complexa que antevê o lançamento do produto final e contemplam revisões contínuas de design. Nesta fase, são abordadas as questões funcionais, estéticas e ergonômicas em protótipos físicos e/ou virtuais. A colaboração avançada se utiliza de especialistas com conhecimentos complementares e dá direcionamento para a continuidade do projeto. Embora os atores atuem de forma mais individualizada em definições paralelas do projeto de produto, as negociações e comunicações tornam-se mais frequentes para alinhamento das atividades.

2.1.1. Caracterização

Independente da separação geográfica entre os atores envolvidos, Durugbo *et al.* (2011) afirmam que o desenvolvimento colaborativo remete ao compromisso de um objetivo comum e parte de uma relação duradoura de conhecimento compartilhado. Os autores sinalizam que o design colaborativo apresenta metas de projeto que vão muito além das capacidades individuais dos envolvidos. Segundo Fan *et al.* (2008), o desenvolvimento colaborativo pode ser classificado em duas grandes categorias; **intermediado pelo computador** ou **face-a-face**.

O trabalho de Goel *et al.* (2012) aborda o projeto no design colaborativo em quatro dimensões: **tempo** pois baseia no conhecimento traduzido na evolução de produtos e know-how da empresa e indivíduos; **espaço** pois depende de equipes de desenvolvimento que muitas vezes estão locadas remotamente; **disciplina** tratando-se de um processo multidisciplinar e **cultura** pois aborda indivíduos heterogêneos em seu desenvolvimento. No trabalho de Hatem *et al.* (2012) são referendados quatro componentes para o trabalho colaborativo: síntese, que trata da concordância entre os membros, independência, que aborda o autogerenciamento, interação que aborda a comunicação e participação que aborda o grau de interação ou discussões propostas pelos participantes.

Já Germani et al. (2012b), apontam um formato de colaboração remota **recíproca** (os autores utilizam o termo *interplay*) que é geralmente realizado na modalidade à distância, com um baixo nível de interação. O controle do conhecimento/informação e distribuição de dados é peça-chave na colaboração recíproca. Os autores mencionam que a colaboração remota é intensa em processos de engenharia e diz respeito à partilha e distribuição de dados, ocorrendo em diferentes momentos do desenvolvimento. Seja em processos de maior ou menor interação é importante considerar no processo de desenvolvimento colaborativo a dimensão do **tempo**, a **cooperação** do grupo, e a **não dependência geográfica**, como apontam Yu et al. (2010).

2.2. COMUNICAÇÃO

No desenvolvimento colaborativo a informação ganhou um papel fundamental na interação com outros usuários (ROBIN et al. 2007). Para o compartilhamento de conhecimentos e expertises em ambientes distribuídos, novas formas de interação entre os atores envolvidos no projeto são necessárias. Para tanto, Shen et al. (2008), apontam que tecnologias colaborativas voltadas a gestão da informação tem surgido para aumentar a capacidade de interação e também de registro das informações compartilhadas no desenvolvimento de projeto. Corroborando Chandrasegaran et al. (2013, p. 207 tradução nossa), afirmam que para as necessidades de compartilhamento de informação emergiram uma quantidade “crescente de processos de design colaborativo e meios de comunicação de informações relativas aos requisitos, restrições, especificações, recursos e decisões e processos associados”. Nesta direção Lahti et al. (2004) *apud* Rahman et al. (2012) apontam que a colaboração é um processo de comunicação ativa, onde os atores atuam em conjunto para alcançar objetivos convergentes. Neste contexto Shen et al. (2008) afirmam:

“As abordagens tradicionais para compartilhar informações de projeto entre os colaboradores e suas ferramentas incluem o desenvolvimento de ferramentas integradas e do estabelecimento de padrões comuns de dados. Estas abordagens não dão um bom suporte ao projeto colaborativo devido à natureza altamente distribuída das equipes de design e ferramentas de engenharia, bem como a complexidade a dinâmica dos ambientes de projeto. A implantação bem sucedida do trabalho suportado pelo computador necessita de uma série de novas estratégias, incluindo uma estratégia de comunicação eficiente para o grupo multidisciplinar de pessoas dos departamentos de design e fabricação, trocarem ideias e comentários[...]”. (SHEN et al. 2008, p. 856 tradução nossa)

Vivacqua *et al.* (2011) salientam que as dificuldades na comunicação verbal em interfaces face-a-face são apontadas por diversos pesquisadores. No entanto, quando se trata da interpretação da comunicação não-verbal os desafios são mais abrangentes. Especialmente ao tratar de cenários colaborativos virtualizados, os autores apontam que a ponte entre a comunicação verbal e não-verbal é ainda mais distante o que pode impedir a compreensão de algumas informações que são passadas através de sinais não-verbais como expressões do corpo que não são contempladas facilmente no escopo virtual. Corroborando Rahman *et al.* (2012), apontam que a comunicação em cenários virtuais, mesmo quando síncrona como no caso de videoconferências pode não tratar adequadamente da informação a ser passada. Desta forma, deve-se verificar como os meios de comunicação utilizados no processo colaborativo se adequam às necessidades interpessoais de troca de informação.

2.3. COOPERAÇÃO

Com o envolvimento cada vez mais abrangente de atores no desenvolvimento colaborativo, o conhecimento passa a ser uma das necessidades chave no desenvolvimento de produtos. Robin *et al.* (2007) discutem que técnicas para a gestão do fluxo de conhecimento tem sido pesquisadas para controlar e facilitar a troca de informação entres os envolvidos. Conforme Germani *et al.* (2012a), problemas de comunicação podem surgir derivados de diferenças culturais, habilidades com as ferramentas de compartilhamento e também com os métodos de representação adotados.

Germani *et al.* (2012), apontam que a necessidade de troca de informações existe para garantir ao projeto o desenvolvimento efetivo em busca dos resultados almejados. De acordo com Chandrasegaran *et al.* (2013, p. 218 tradução nossa) “o conhecimento no desenvolvimento de produtos é representado em termos de requisitos, especificações, artefatos, forma, funções, comportamentos, fundamentos de design, restrições e relacionamentos”. Desta forma, os dados podem se configurar como desenhos bidimensionais, modelos tridimensionais, estruturas de produto, especificações de manufatura e procedimentos de engenharia, para Germani *et al.* (2012b), como também dados trocados por informações verbais e não-verbalizadas, segundo Vivacqua *et al.* (2011). Nesta dimensão, Robin *et al.* (2007, p. 192 tradução nossa) afirmam que “um dos raros consensos no domínio de gestão do conhecimento é que o conhecimento é agora visto como um ativo organizacional e de produção. Sendo um patrimônio valioso para ser gerenciado”. No entanto, Germani *et al.* (2012a), apontam que nas fases iniciais do projeto os dados não estão estruturados suficientemente para um registro simplificado das interações incrementais que ocorrem na exploração de alternativas ainda em estágios conceituais.

Com cada vez mais informações disponíveis através da web, a busca por conhecimento exclusivo nas organizações para a vantagem competitiva tem solicitado estudos e ferramentas para armazenar, transferir e utilizar ao máximo o conhecimento disponível (CHANDRASEGARAN *et al.* 2013). Entretanto, a aquisição de conhecimento como já abordado pode ser complexo, e alguns fatores humanos também influenciam neste processo. Vivacqua *et al.* (2011) afirmam que ao tratar com especialistas, mesmo que os atores tenham resultados parecidos muitas vezes apresentam processos mentais divergentes e até mesmo conflitantes. Portanto torna-se necessário identificar e gerir as divergências. Neste cenário com profissionais, é possível que algumas divergências sejam mascaradas também através da fala, que embora concorde com um argumento possa fazê-lo apenas para evitar conflitos. Assim, os autores, apontam a necessidade de mediadores ou facilitadores que tem não apenas que compreender o que é tangível, mas também, os aspectos não-verbais, tarefa que pode ser auxiliada por sistemas computacionais.

O trabalho de Chandrasegaran *et al.* (2013) aborda o conhecimento em seis categorias sendo elas formal, tácito, dinâmico, compilado, de processo e produto. A classificação destas categorias pode ser observada no (Quadro 2).

Quadro 2 - Categorias de conhecimento

Formal	Contempla os documentos, descrição de funções, rotinas e processos, sistemas técnicos, normas, restrições
Tácito	É apresentado como a propriedade intelectual dos designers ou de um time de desenvolvimento. Sendo essencial para criação de valor nos produtos
Produto	O conhecimento do produto aborda diversos pedaços de informação e conhecimento associados a evolução do produto em seu ciclo de vida
Processo	Aborda conhecimento de processos de design, manufatura e negócios
Compilado	Conhecimento compilado é essencialmente conhecimento adquirido pela experiência, e pode ser compilado em regras, planos ou roteiros, casos de problemas anteriormente resolvidos
Dinâmico	Conhecimento dinâmico codifica o conhecimento que pode ser usado para gerar estruturas de conhecimento adicionais, não abrangidas pelo conhecimento compilado

Fonte: Adaptado de Chandrasegaran *et al.* (2013)

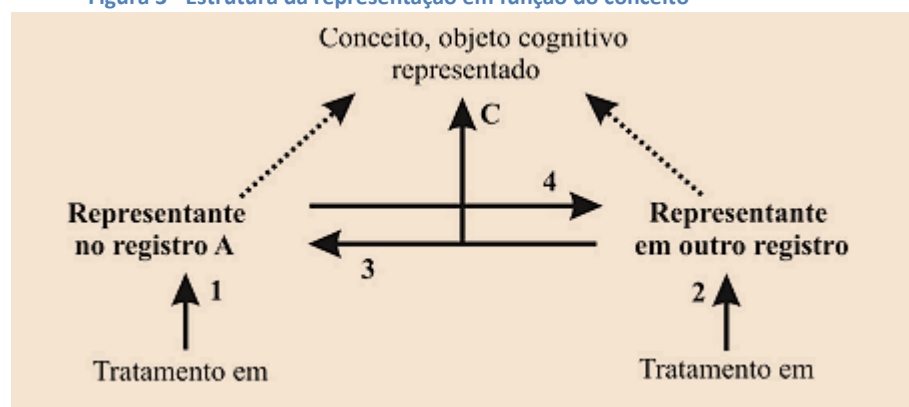
Para os autores a capacidade de capturar e compreender o conhecimento em diferentes fases do projeto, ira auxiliar um melhor design e o incremento de conhecimento entre organizações e indivíduos, Chandrasegaran *et al.* (2013). Assim a viabilização da comunicação para troca de conhecimento, e o registro das informações como ativo da empresa mostram-se como um campo de desenvolvimento ativo ao design e outras práticas colaborativas.

2.3.1. Cognição

Em sua pesquisa Barcellini et al. (2008), discorrem que pesquisadores em ergonomia cognitiva vem examinando de perto as interações entre os participantes dos projetos colaborativos. Corroborando Goel *et al.* (2012) apontam que o design é uma atividade ampla e cognitiva, para a qual as pesquisas em cognição vem avaliando uma diversidade de métodos e protocolos para compreender os comportamentos de desenvolvedores individuais e equipes de design em cenários colaborativos. Barcellini et al. (2008) descrevem que três modos de interação podem coexistir em projeto de design colaborativo: as trocas síncronas que ocorrem em ambientes face-a-face, as trocas síncronas mediadas por sistemas computacionais como videoconferências, e por fim as trocas assíncronas que podem ser mediadas ou não por sistemas informatizados como e-mails e groupwares. Nestas interações, ocorrem ações cognitivas que devem ser compreendidas para uma melhor adequação dos sistemas colaborativos.

O trabalho de Vries e Masclet (2013) aborda as relações definidas por Duval (1995) e descreve três funções cognitivas apropriadas da matemática aplicadas a um ou grupo de indivíduos em processo colaborativo. A primeira função apresentada trata da **objetivação**, que aborda trazer para um formato de representação uma ideia abstrata para que possa ser apreciada com os sentidos, de forma a compor a expressão do objeto. A segunda função abordada pelos autores trata da **comunicação**, que ocorre baseada nas representações e pode tratar de interpretações e relações dos objetos. E **tratamento** é apresentada como a terceira função e trata das representações externalizadas (Figura 3) que podem ajudar a compreender os objetos e encontrar parâmetros que sem sua representatividade seriam muito complexos.

Figura 3 - Estrutura da representação em função do conceito



Fonte: Duval; Moretti (2012, p. 282)

Estas externalizações de conceitos através de representações, segundo Vries e Masclet (2013) podem incorrer em diferentes comportamentos de compreensão para solução de problemas conhecido como o efeito representacional. Os autores apontam que questões culturais

individuais podem impactar em resultantes diferentes na leitura destas representações. Para alguns usuários a representação deve ser rica em detalhes e informações para compreensão outros usuários, através de reduções minimalistas conseguem absorver os conceitos de uma forma mais natural. Novamente fazendo referência ao trabalho de Duval (1995), os autores sugerem que é necessário pensar no conceito de congruência semântica, que trata entre outras questões do modo de representação da informação a ser absorvida.

Neste contexto, Vries e Masclet (2013) discutem, referendando-se as questões **semióticas** levantadas por Peirce (1839-1914), a relação **diádica** e **triádica** destas representações. Segundo os autores a representação geralmente é compreendida na ciência cognitiva como uma relação diádica, de signo e significado, algo que está para outra coisa. Já no conceito da semiótica de Peirce, tem-se o signo ou *representamen*, o objeto e o interpretante. Estas relações triádicas podem gerar informações desencontradas entre os atores envolvidos. Duval e Moretti (2012) tratam frente as relações levantadas por Pierce da congruência semântica que se refere a unicidade, conformidade e representatividade da informação. Bock *et al.* (2010) avançam neste discurso tratando que mesmo a falta de definição **ontológica** dos ambientes colaborativos podem gerar interpretações errôneas de informações. Tem-se então as atividades de colaboração passa por relações cognitivas que podem inferir significados individualizados, **monossêmicos** e **polissêmicos**, e através de ações de argumentação e interação entre os atores podem ser definidas representações para um compreensão compartilhada, conforme Vries e Masclet (2013) e Kim e Maher (2008).

Um dos pontos tratados na pesquisa de Kim e Maher (2008) considera a **sincronização cognitiva**. Esta sincronização trata do alinhamento de ideias que parte de um entendimento representativo comum desenvolvido ao longo de sessões argumentativas. No processo de confronto de ideias os designers podem aceitar ou não algumas alternativas com base em pontos de vista específicos, porém, ao longo do tempo, o grupo colaborativo parece convergir para uma proposta que equilibra as abordagens individuais. Barcellini et al. (2008) trata deste tema como as atividades de esclarecimento. O esclarecimento do problema, segundo os autores, para um argumento comum e representação compartilhada do estado atual das regras de solução é essencial para a colaboração. No trabalho de Plume e Mitchell (2007), esta convergência é abordada como um “super-paradigma”, e relaciona-se ao curso de ação a ser tomado após as etapas de negociação. Kim e Maher (2008) sugerem que esta sincronização se alinha ao trabalho de Suwa e Tversky (2002) que propõe a geração colaborativa de novos pensamentos conceituais e promove novas interpretações a equipe de desenvolvimento.

2.4. COORDENAÇÃO

Os processos colaborativos procuram as atividades de gestão para viabilizar a colaboração coordenada de equipes multidisciplinares. Algumas alterações definidas nas interações, por exemplo, podem impactar toda uma cadeia de objetivos de projeto e até mesmo de itens já definidos no design que devem sofrer retrabalho (OUERTANI, 2008). Segundo Plume e Mitchell (2007), fica claro que é necessário um mecanismo de gestão inteligente para facilitar e ordenar os processos colaborativos em vista aos dados interdependentes do projeto e as relação interpessoais. Embora, existam importâncias claras para a gestão no desenvolvimento colaborativo Vries e Masclet (2013), apontam que muitas vezes o compartilhamento é considerado como a capacidade de simplesmente trocar dados digitais através de mock-ups, folhas de dados, e os dados geométricos em uma ferramenta de CAD.

Para Goel *et al.* (2012) e Robin *et al.* (2007), o design colaborativo envolve diferentes indivíduos em busca de um objetivo comum. Para tanto, processos e ferramentas que permitam a interações dos diferentes atores no ambiente de trabalho colaborativo são necessários. Lee (2010) aponta que a capacidade de resposta dos sistemas colaborativos depende da identificação apropriada das ações, atividades e interesses dos usuários. Segundo Ouertani (2008), embora a maioria dos processos de desenvolvimento implique uma comunicação clara entre os envolvidos, a verdadeira razão para esta comunicação não é apenas a coordenação, mas resolver dependências entre os dados do produto e as restrições existentes no projeto. Para o autor o design colaborativo deve considerar não apenas os requisitos funcionais do produto, mas também aspectos estéticos e comportamentais.

Nos cenários em que o desenvolvimento ocorre em ambientes remotos apoiados pelos computadores a gestão do design colaborativo é então um dos aspectos chave a serem discutidos. Os sistemas de gestão têm como um dos objetivos, conforme Jin *et al.* (2007), o fluxo de informação sem fronteiras entre os envolvidos e sistemas de desenvolvimento. Os processos de gestão colaborativa apoiam o compartilhamento de informações como também alterações nos projetos que devem ser comunicadas e distribuídas aos envolvidos. Entretanto, os autores apontam que ainda existem poucos estudos conclusivos quando ao impacto de diferentes métodos de gestão e negociação para o desenvolvimento colaborativo que permitam uma escolha adequada e definitiva de modelos ou softwares.

Para Barcellini *et al.* (2008) o gerenciamento das atividades de grupo tratam não apenas da coordenação de pessoas como também a alocação de recursos e o planejamento de tarefas. Algumas ferramentas voltadas ao projeto colaborativo são discutidas por Fan *et al.* (2008) que apontam aplicações voltadas a gestão como: ferramentas interativas baseadas na web, de

gestão do usuário e arquivos e de gestão do fluxo de trabalho. Estas e outras ferramentas de gestão visam apoiar o intercâmbio coordenado de informações dentro de comunidades de usuários - potencialmente grandes - de forma **síncrona** ou **assíncrona**. Conforme Robin *et al.* (2007), existem quatro fases principais para a gestão dos ambientes de projeto colaborativo: a identificação da necessidade de atuar de forma colaborativa, a descrição de status atualizados do projeto em desenvolvimento, a comparação analítica com as métricas e restrições, a definição e implantação do ambiente adaptado a situação do projeto. Os autores ainda apontam que os sistemas de gestão auxiliam na organização e no controle das necessidades de projeto e colaboração para o design colaborativo. Portanto, é necessário compreender o contexto ao qual o projeto se insere e adaptar os processos ao trabalho dos atores envolvidos.

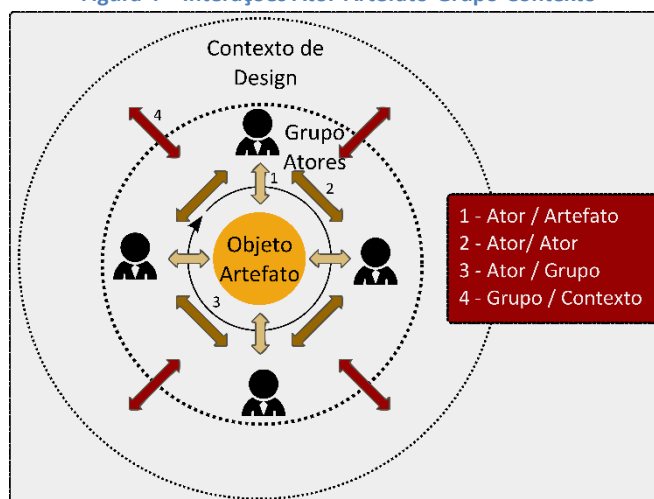
Segundo Chandrasegaran *et al.* (2013) o suporte computacional para o desenvolvimento colaborativo tem se concentrado em áreas como a mitigação de conflitos, a coordenação dos envolvidos com o projeto, questões organizacionais, a gestão de informações de projeto e também das restrições frente ao desenvolvimento. Entretanto, os autores, apontam que os estudos ainda não se consolidaram e principalmente em ambientes remotos em que os dados precisam ser processados de modo a tornar as decisões mais esclarecidas, existe um grau de complexidade ainda não alcançado efetivamente na gestão do design. Desta forma, com a falta de modelos consolidados as práticas de gestão são investigadas por diferentes pesquisadores.

2.4.1. Dinâmicas

Independente da técnica abordada para a colaboração é importante que o comportamento dos participantes seja de responsabilidade frente ao objeto de projeto para gerar debates construtivos e soluções incrementais. Conforme Germani *et al.* (2012a), a criação de um entendimento compartilhado é caracterizada por interações complexas entre atores heterogêneos que engloba as dinâmicas de um espaço compartilhado e também a linguagem de comunicação. Compreender as dinâmicas de interação entre os usuários pode ajudar a avaliar a necessidade de intervenções como a reabertura de discussão ou fazer uma pausa em um problema, segundo Vivacqua *et al.* (2011). Barcellini *et al.* (2008), apontam que no processo de design colaborativo podem ser identificadas três dinâmicas principais: a **social** que trata da influência dos participantes nas discussões, a dinâmica **temporal** que aborda o modo como o projeto evolui ao longo do desenvolvimento e a dinâmica **colaborativa** que trata das atividades colaborativas do projeto de design.

O trabalho de Girard et al (2002) *apud* Robin et al. (2007), identificou quatro interações entre os atores envolvidos em um processo incremental de design. A interação entre, ator e objeto de design; ator e ator; ator e grupo; e, ator e contexto. O **primeiro** trata dos impactos da interação do ator frente a evolução do design do objeto, o **segundo** formato compete a interação entre um ator e outro membro do grupo, que pode ser análoga no conceito de diádica de Peirce (1839-1914), referendado em Vries e Masclet (2013). O **terceiro** a interação de um grupo de atores, análoga ao conceito de triádica também apresentado por Peirce. Por **último** os autores abordam o conceito de interação do ator com o contexto que o cerca, compreendendo o design e os desenvolvedores em um cenário com influências internas e externas.

Figura 4 – Interações Ator-Artefato-Grupo-Contexto



Fonte: Adaptado de Robin et al. (2007, p. 189)

Tratando das interações entre atores o trabalho de Barcellini et al. (2008) aponta que as dinâmicas mais importantes neste contextos são (i) as avaliações das alternativas de projeto e critérios, e (ii) clarificação. O primeiro aborda a negociação dos parâmetros de projeto frente aos colaboradores, o segundo aborda o conceito de esclarecer o estado atual do projeto ou do problema para a parametrização da evolução. Para Jin et al. (2007), o processo de negociação não deve ser reduzido simplesmente ao conceito binário de concordar ou rejeitar uma posição. Em vez disso deve estar amarrado ao processo de esclarecimento que através de discussões torna possível argumentar para uma compreensão mais profunda da proposta e seus determinantes. Esta negociação é investigada por Kim e Maher (2008), ao tratar da sincronização cognitiva, como um processo argumentativo para o encontro de soluções idealizadas através dos dados apresentados pelos envolvidos. Barcellini et al. (2008), busca sintetizar as possíveis entradas e saídas (Quadro 3) das interações do usuário em possibilidades combinatórias de ações e efeitos.

Quadro 3 - Síntese de interações

- Uma **avaliação** tende a ser seguida por outra **avaliação**. Um acordo (ou seja, uma avaliação positiva) pode ser seguida por uma discordância (avaliação negativa), que destaca pontos divergentes entre os participantes, ou, pode ser seguido por um acordo
- Uma **proposta** tende a ser seguida por **avaliação** ou por outras **propostas**
- Um **esclarecimento** tende a ser seguido por outros **esclarecimentos**
- A **síntese** tende a ser seguido por uma **proposta**, que pode ser visto como um desacordo implícito entre designers. A síntese também pode ser seguido por acordos
- A **coordenação** tende a ser seguida por outra atividade de **coordenação**
- Uma **decisão** tende a ser seguida por uma **coordenação**, que corresponde às atribuições de tarefas implicadas pela decisão

Fonte: Barcellini *et al.* (2008 p.6, tradução nossa)

O estudo de Vivacqua *et al.* (2011) apresenta identificadores mais abrangentes que podem ser relacionados as interações de negociação discutidas anteriormente por Barcellini *et al.* (2008). Os autores apontam que na negociação é possível identificar oito possíveis retornos a apresentação de um tópico.

Quadro 4 - Retorno a uma entrada

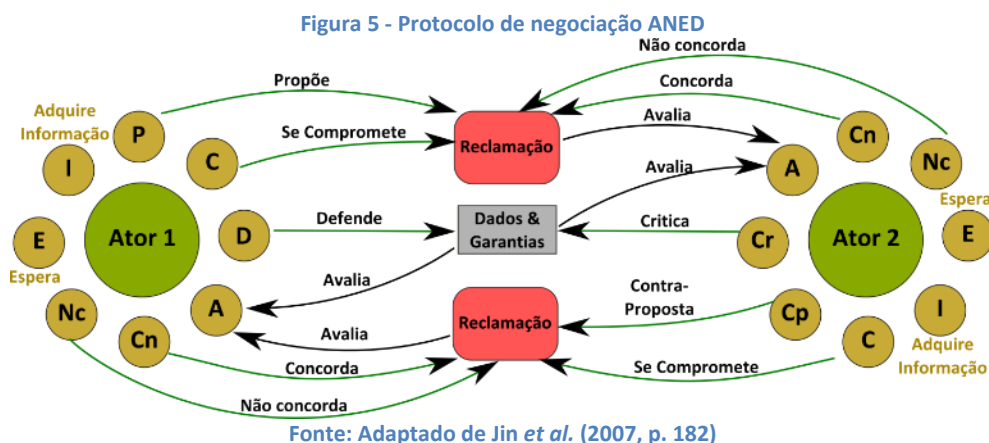
- **Reforço:** reforços são declarações que reforçam uma posição ou ideia, por vezes, fornecendo provas adicionais.
- **Sugestão:** a sugestão interrompe o fluxo da discussão para fornecer uma alternativa a uma ideia
- **Conclusão:** a conclusão finaliza uma discussão, pode acontecer através de uma votação ou quando o grupo chegar a um consenso.
- **Dúvida:** a dúvida é uma expressão de confusão ou sinal de incompreensão por um dos participantes. São situações em que o participante se expõe ao grupo.
- **Correção:** estes representam eventos onde um participante corrige a declaração de outro. O que pode gerar desconforto na discussão.
- **Explicação:** uma explicação é uma exposição de ideias, onde o participante tenta transmitir aos outros o que ele ou ela quer dizer com as ideias apresentadas.
- **Acordo:** um acordo é uma declaração de concordância com os pontos de vista do outro, normalmente dada durante a tomada de decisão.
- **Desacordo:** as divergências também são expressas durante a tomada de decisão. Na falta de consenso é possível recorrer ao voto.

Fonte: Vivacqua *et al.* (2011, p.1144, tradução nossa)

Ainda tratando de conflitos os autores apontam que a gestão de conflitos é um ponto chave no design colaborativo e ocorre em quatro fases sucessivas: “a **detecção** de conflitos, a **identificação** da equipe de resolução de conflitos, **resolução** de conflitos, e **avaliação** do impacto da solução”, conforme Vivacqua *et al.* (2011, p. 1142). Para Robin *et al.* (2007) esta dissolução de conflitos ocorre em seis processos de trabalho em equipe: **adaptabilidade, comunicação, coordenação, tomada de decisões, interação interpessoal e liderança**. Segundo os autores a dinâmica pode ser compreendida como: a detecção do conflito; troca de informações; organização de tarefas; processo decisório; interação com outros parceiros; e a gestão do foco de projeto.

Vivacqua *et al.* (2011), ainda ressaltam que os conflitos nos processos de negociação do design de produto podem ocorrer em linguagem não-verbal, o que exige a atenção maior do líder de grupo ou mediador. Como já abordado anteriormente, o autor aponta que mesmo em casos de concordância verbal é possível identificar sinais não-verbais afirmando ou negando a resposta. Esta comunicação é intrínseca aos processos de interação do homem e não devem ser negligenciadas. Em ambientes virtuais o autor sugere a parametrização de dados que auxiliam na identificação de comportamentos contrários a proposição indicada.

O trabalho de Jin *et al.* (2007) aborda, através de um protocolo de negociação desenvolvido pelos autores, uma leitura estruturada representativa de como ocorrem os processos de comunicação entre os atores (Figura 5).



De modo geral no modelo de Jin *et al.* (2007), a negociação inicia através de uma reclamação “claim” que pode ou não ser acatada por outro designer. Geralmente são solicitados mais dados “data” para análise do pedido, e até mesmo uma garantia “warrant” pode ser utilizada para sustentar um conceito ou solicitação. Por fim, o avaliador pode aceitar o pedido inicial ou sugerir uma contra-proposta reiniciando o protocolo de negociação. O modelo ainda contempla outras ações e dinâmicas. Nos atos de fala o designer pode propor, concordar, discordar, defender, gerar compromisso, criticar ou defender. Nos estados de negociação o ator pode estar (P) = Propondo (D) = Defendendo (C) = Comprometendo (A) = Avaliando (Cn) = Em Acordo (Nc) = Em Desacordo (Cr) = Criticando (Cp) = gerando uma Contra-Proposta (I) = Adquirindo Informações e (E) = Esperando. Estas dinâmicas também são contempladas nas ações estratégicas do modelo que, segundo os autores, pode prover um impacto positivo nas negociações com a visualização das dinâmicas e uma troca de informações mais focada na resolução dos problemas.

Desta forma percebe-se que alguns autores acreditam que é possível identificar padrões de comportamento dos participantes de design colaborativo e aplicar em modelos de dinâmicas de interação. Estes padrões comportamentais são então considerados os blocos de informação para a construção de ferramentas de visualização e apoio ao sucesso do desenvolvimento colaborativo. Entretanto, o processo de escolha de modelos deve ser adequado ao ambiente em que ocorre a colaboração aliado as tecnologias e ferramentas de gestão.

2.5. ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO

Observou-se que o design colaborativo possui importância crescente nas organizações devido a necessidade de agregar conhecimento, de forma rápida, para um desenvolvimento de curta duração adequado a necessidades emergentes de usuários. A colaboração permite modelos em que o usuário final atua em conjunto a equipes multidisciplinares objetivando um resultado em comum. Entretanto, diversos autores apontam que o design colaborativo é um processo de compartilhamento de informações em que conflitos podem ocorrer e devem ser gerenciados.

A compreensão do design colaborativo como um processo multidisciplinar tem se tornado aceita nas organizações e envolve uma gama cada vez mais variada de especialistas e usuários. Tratando dos softwares de colaboração é importante observar que existem muitas publicações abordando as dinâmicas de colaboração e também sobre groupwares de modelagem e simulação. Atualmente o discurso de softwares colaborativos aborda estes sistemas de forma incremental buscando agregar funcionalidades e interoperacionalidade frente aos modelos e estudos já existentes (TANG *et al.* 2010). Com isto novos modelos e aplicações e são propostos atualizando as ferramentas para um trabalho mais fluido, embora pouco se discute dos aspectos puramente humanos durante o desenvolvimento colaborativo.

As tecnologias de suporte computacional têm evoluído de forma incremental, e os avanços apontam para aplicações com maior suporte da inteligência artificial e integração fluída entre funções e softwares. Embora existam modelos e dinâmicas de interação e colaboração, não foi identificada uma relação definitiva para prática colaborativa remota. As práticas se vinculam as capacidades das interfaces e dispositivos de imersão dos usuários. Assim, as empresas que optem pela colaboração em seu processo de desenvolvimento, têm de observar os ambientes ao qual o trabalho será viabilizado e quais interações entre o grupo heterogêneo de colaboradores impactam positivamente ao resultado final do produto.

3. Capítulo 3 | AMBIENTES VIRTUAIS

A colaboração face-a-face é limitada a espaços compartilhados, o que podem impactar negativamente o processo de desenvolvimento de um produto. Atores localizados remotamente nem sempre podem se deslocar para um contato direto tendo uma dificuldade maior na interação e troca de ideias com outros interessados, conforme Magal-Royo *et al.* (2012) e Wang; Zhang, H. (2012). Neste contexto, surge o conceito de colaboração através do suporte virtual que tem a intenção de dirimir parte da dificuldade de interação e maximizar novas experiências capacitadas pela tecnologia. Nos ambientes virtuais os atores podem colaborar no design de produto e trocar experiências e ideias através da interface gráfica entre homem-computador.

O uso de ambientes virtuais ainda é uma tecnologia emergente, os estudos deste tema apontam o uso dos ambientes virtuais no suporte ao desenvolvimento conceitual do produto e durante etapas de análise e gestão que ocorrem antes da produção física. Embora o detalhamento técnico ainda não esteja presente na maioria dos sistemas colaborativos virtuais, Kocar e Akgunduz (2010) afirmam que o desenvolvimento colaborativo pode ocorrer em todas as fases do ciclo de vida de produto, não se restringindo apenas ao desenvolvimento conceitual.

O desenvolvimento colaborativo em sistemas auxiliados pelo computador, pode se configurar em cenários **semi-imersivos**, Magal-Royo *et al.* (2012), como os baseados na Web - chats, blogs e comunidades virtuais - e até mesmo cenários complexos como os ambientes virtuais **imersivos** utilizando dispositivos multissensoriais como suporte ao trabalho colaborativo (NOON *et al.* 2012). Para compreender como se posicionam os ambientes virtuais colaborativos **AVC** dentro dos atuais paradigmas tecnológicos e compreender tendências para o futuro este capítulo aborda estudos recentes sobre colaboração em **AV** de desenvolvimento de produtos.

3.1. MULTIMÍDIA

O uso de multimídias nos sistemas informatizados tem seu início entremeado com o surgimento das interfaces gráficas. As interfaces gráficas do usuário (GUI) foram desenvolvidas a pouco mais de 50 anos na história da computação. As ideias de Vannevar Bush (1890-1974) deram origem ao conceitos de facilitar o uso de dados através de representações conceituais do conteúdo. Na década de 1970 a Xerox acabou empregando a representação gráfica no computador XeroxAlto. A ideia entretanto, só alcançou o grande público com o

computador pessoal Lisa da Apple, corroborando ao uso da ferramenta mouse para acesso a uma interface homem-computador mais fluída.

Atualmente, grande parte dos sistemas computadorizados se utiliza de interfaces multimídias para um uso intuitivo e rico em informações. Estas interfaces integram diversas mídias diferenciadas, como gráfico, vídeo, imagens estáticas e dinâmicas, áudio, texto e outras mídias que podem ser aplicadas através do suporte computacional, conforme Uva et al. (2010). O uso de multimídias e dispositivos de interação permite que os computadores apresentem ambientes ricos para o desenvolvimento colaborativo em formatos bi ou tridimensionais (GERMANI *et al.* 2012).

Neste contexto a internet surge como uma interface para compartilhamento de informação multimídia permitindo a troca e o armazenamento de informação em tempo real através de sistemas de colaboração. Sistemas de **baixa imersão** como o *Internet Relay Chat* (IRC) e o e-mail aproximam os usuários, através de um interface de texto e sons de notificação, para troca de informações entre atores remotos (TEE *et al.* 2009). Entretanto, o uso de ferramentas como e-mail e comunidades virtuais pode limitar a capacidade do grupo de desenvolvimento em identificar diferentes abordagens para o design colaborativo (UVA *et al.* 2010). Para tanto, outros meios imersivos de sistemas de colaboração, buscam integrar ferramentas **CAD** abordando informações tridimensionais e módulos para gestão do desenvolvimento que podem contar ainda com aplicativos de vídeo, realidade aumentada e realidade virtual, conforme Nee *et al.* (2012) e Sharples *et al.* (2007).

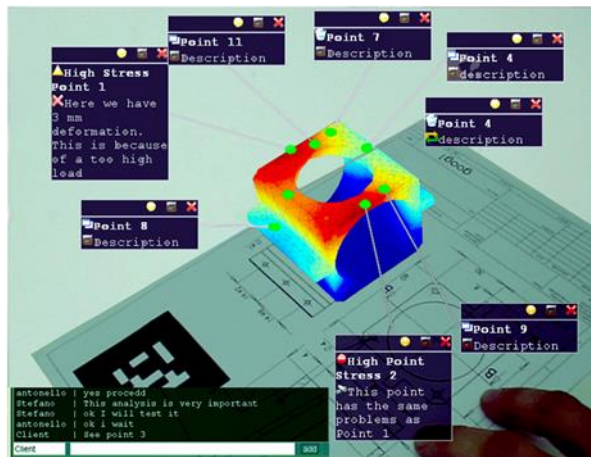
3.2. REALIDADE AUMENTADA

Segundo Nee *et al.* (2012, p. 661 tradução nossa) “a realidade aumentada (**RA**) suporta a informação visual através de objetos aumentados inseridos dentro do mundo real”. Os autores citam que na indústria automotiva a **RA** é utilizada na avaliação de diferentes montagens de produto nas fases conceituais de desenvolvimento. Uma das vantagens do uso de sistemas de **RA** levantadas por Uva et al. (2010) é o custo menor para desenvolvimento em **RA** em comparação ao uso de realidade virtual (**RV**). Corroborando Shen, Y. *et al.* (2010), apontam que o uso da **RA** apresenta algumas vantagens sobre os ambientes de **RV**. Os autores mencionam o uso de equipamentos de imersão mais simplificados, e não ter a necessidade de desenvolver um **cenário virtual completo** para inserção do produto a ser analisado, já que os ambientes de **RA** utilizam o mundo real como plano de projeção dos objetos virtuais.

Ao tratar de ambientes colaborativos baseados em **RA**, Nee *et al.* (2012) sugerem que o uso de modelos e informação aumentada no ambiente real pode auxiliar na compreensão dos

usuários e ajudar na avaliação de produtos, assim como facilitar a interação com estes ambientes ao abarcaram o mundo real na visualização aumentada. Os autores dividem os sistemas de **RA** em sistemas baseados em **visualização** (Figura 6), anotações e análises de produtos tridimensionais, e sistemas de **design colaborativo** aonde o usuário pode desenvolver e modificar modelos diretamente no espaço tridimensional.

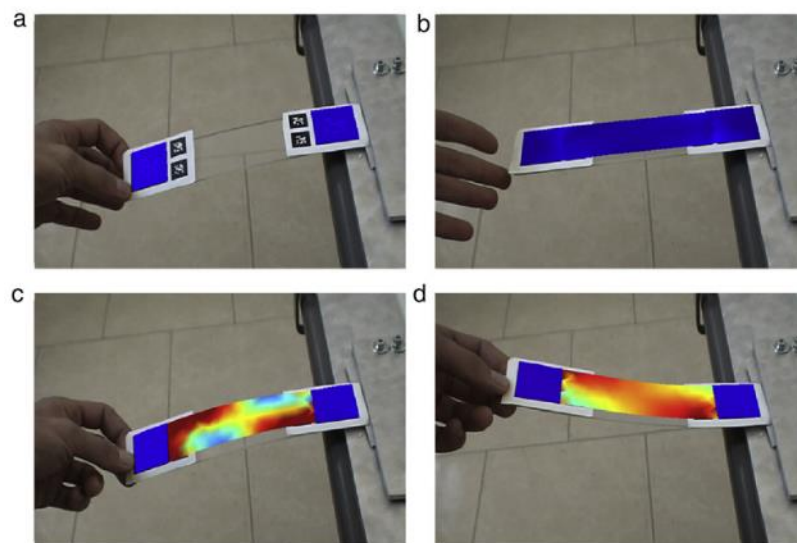
Figura 6 - Visualização de componente em RA



Fonte: Uva et al. (2010, p. 365)

A (Figura 7) demonstra um caso de interação em realidade aumentada. Neste exemplo um usuário teste a resiliência de um material simulado através do posicionamento de marcadores, percebe-se que o software compreende a deformação e exibe a informação atualizada das tensões aplicadas ao material através das cores.

Figura 7 - Avaliação de componente em RA



Fonte: Uva et al. (2010, p. 370)

O acesso a **RA** depende do uso de interfaces mediadas pelo computador, para exibição do ambiente aumentado solicita o uso de ferramentas como os HMD (Displays montados na

cabeça) (Figura 8) para interação dispositivos como luvas, ferramentas tangíveis e de retorno háptico, conforme Nee *et al.* (2012) e Shen, Y. *et al.* (2010).

Figura 8 - Colaboração de usuários co-localizados em RA



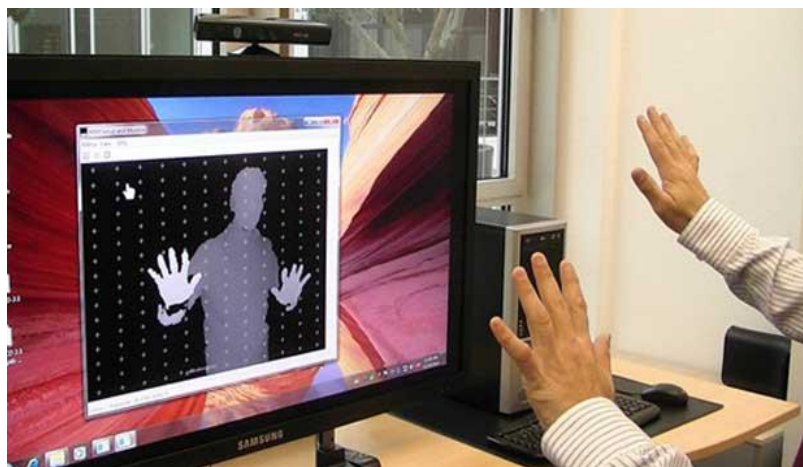
Fonte: Adaptado de Nee *et al.* (2012, p. 663, tradução nossa)

O trabalho colaborativo em **RA** pode combinar usuários reais com avatares de usuários remotos através do uso da captura de vídeo e da visualização aumentada, apontam Germani *et al.* (2012a). Na **RA**, quando os usuários estão co-localizados, é possível utilizar a comunicação não verbal para troca de informações como gestos e expressões faciais, questões deficitárias em **RV**, e que podem facilitar a comunicação entre pares (SHEN, Y. *et al.* 2010). Para Germani *et al.* (2012a), esta integração com o mundo real poderia oferecer uma sensação de maior realismo dos objetos virtualizados aos usuários.

De acordo com Nee *et al.* (2012), embora diversos estudos tenham abordado o uso de **RA** para o desenvolvimento de produtos, grande parte das possibilidades identificadas ainda se encontra em fase de estudo e testes exploratórios. Mesmo com o uso de hardwares comuns para funcionar os sistemas de **RA** ainda demandam um desenvolvimento dedicado para garantir fluidez e dinamismo, Uva *et al.* (2010). Os autores ainda apontam que muitos dos sistemas de **RA** ainda não provem interfaces simples e intuitivas para o uso no dia-a-dia dependendo de usuários especialistas para uso dos sistemas. Entretanto, companhias parceiras como a **SAP & Vuzix**, têm demonstrado avanços no uso de óculos de **RA** para a gestão de estoques que promovem avanços significativos na área.

Uma das possibilidades apontadas por Nee *et al.* (2012), que pode alavancar o uso de interfaces de **RA** parte da indústria de jogos aonde produtos como o Kinect da Microsoft (Figura 9) podem tornar o uso de **RA** mais intuitivo e amigável.

Figura 9 - Kinect para Windows



Fonte: Microsoft Kinect – Disponível em:< <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>> Acessado em: 06/2012

Entretanto, deve-se considerar que os cenários são diferentes e enquanto ferramentas como Kinect tem como foco o uso em jogos recreativos por um tempo determinado e os ambientes de **RA** para trabalho colaborativo devem se adequar ao uso contínuo no dia-a-dia dos designers e outros envolvidos no projeto, agregando funções técnicas de análise e desenvolvimento.

3.3. REALIDADE VIRTUAL

Na realidade virtual (**RV**) o usuário pode interagir de forma imersiva com um ambiente tridimensional através de dispositivos de interação multissensoriais, conforme Germani *et al.* (2012b), Shehab *et al.* (2010) e Uva *et al.* (2010). Shehab *et al.* (2010), apontam que a RV resultou em avanços nas indústrias diminuindo o tempo de desenvolvimento e lançamento de produtos. Uma das maiores vantagens apontada pelos autores se refere à capacidade de utilizar os protótipos em RV sem a necessidade de desenvolvimento físico, podendo modificar e refazer os conceitos sem um grande ônus para o projeto. Segundo Lin *et al.* (2010), os sistemas virtuais colaborativos permitem a interação do usuário com o produto virtual, testando, manipulando ou modificando o produto, e outros atores estando co-localizado ou geograficamente distribuído.

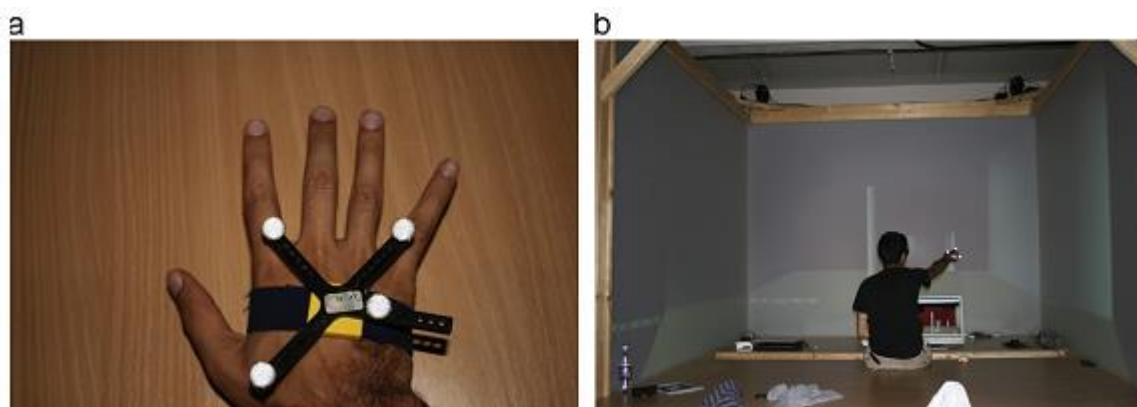
Conforme Shen, Y. *et al.* (2010), o trabalho em **RV** pode ser classificado em duas categorias que incluem os sistemas voltados a **visualização** e avaliação e os sistemas de **modelagem** em que o usuário pode criar, manipular e interagir com os produtos diretamente no espaço de **RV**. Ao comparar a efetividade de ambientes de colaboração face-a-face e mediados por computador Hatem *et al.* (2012), identificaram que para o modelo de avaliação proposto – baseado na comunicação face-a-face ou comunicação mediada - a efetividade no trabalho de

modificação de um produto tridimensional foi melhor na comunicação mediada. A **RV**, conforme Lin *et al.* (2010, p. 83 tradução nossa), “possui um papel importante na indústria de manufatura, passando pelo design de produto, planejamento de maquinário, prototipagem virtual e montagens”. Outros exemplos de uso da **RV** são apontados pelos autores, como planejamento de rodovias, layout de casas, ambientes de trabalho, e também, no auxílio ao trabalho médico.

O uso de ambientes imersivos ou semi-imersivos com boa qualidade de imagem e interação, de acordo com Bruno e Muzzupappa (2010), traz uma possibilidade de melhor compreensão do protótipo em comparação a uma visualização em monitores ou sketches físicos. Noon *et al.* (2012), apontam que aplicações de interação em tempo real com objetos em escala real são possíveis através dos sistemas de **RV**, favorecendo a imersão do usuário para compreensão do design. Estes ambientes proporcionam a visualização e interação com o cenário em tempo real em que as alterações no design do produto podem ser visualizadas de forma imediata para todos os envolvidos.

Aparentemente a **RV** pode ser o caminho para solução de problemas durante o projeto de produto. Com projetos cada vez mais complexos envolvendo parceiros de diferentes áreas e locais, um dos conceitos que vêm sendo explorados, conforme Shehab *et al.* (2010), são das reuniões em ambientes semi-imersivos como **cavernas virtuais** (CAVE). Algumas indústrias já buscam estas “cavernas” não apenas para demonstração e avaliação de resultados, mas também para práticas de desenvolvimento (Figura 10) , de acordo com Duguleana *et al.* (2012), onde (a) demonstra o dispositivo de rastreo de movimento do usuário e (b) o ambiente imersivo da caverna virtual.

Figura 10 - Desenvolvimento em sistema CAVE de RV



Fonte: Duguleana *et al.* (2012, p. 144)

Os autores sugerem que ainda é necessário o desenvolvimento de tecnologias para tornar estes ambientes mais intuitivos aos diferentes usuários. Outros conceitos de imersão tratam

de cenários virtualizados em que os usuários utilizam da **RV** em ambientes virtuais para atuar no design colaborativo e gerar soluções compartilhadas.

3.3.1. Ambientes Virtuais

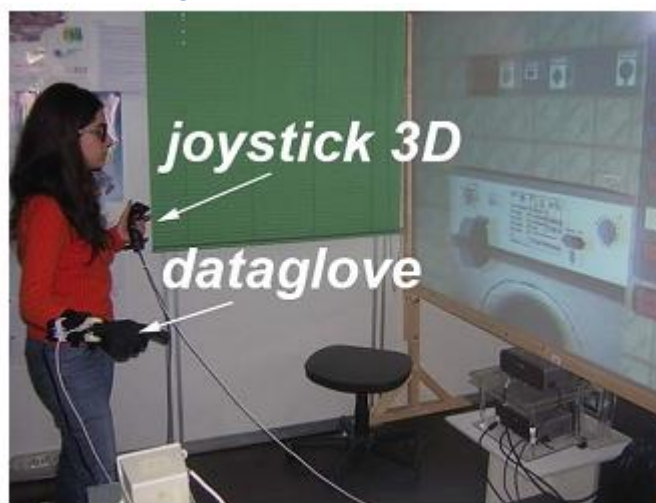
Embora alguns sistemas web tenham surgido para a gestão de desenvolvimento de produtos, o suporte baseado apenas nos sistemas web padrões não são eficientes para o design colaborativo de produtos, como aponta Shen, W. *et al.* (2010). Para Bruno e Muzzupappa (2010), os ambientes virtuais (**AV**) podem ser um meio adequado de envolver os diferentes conhecimentos dos atores de design colaborativo em um cenário virtual compartilhado. Shen, W. *et al.* (2010) sugerem que integração de **RV** com ambientes virtuais colaborativos (**AVC**) e a capacidade de distribuição baseada na web, pode facilitar a comunicação e colaboração com parceiros remotos. De acordo com, Bruno e Muzzupappa (2010), a **RV** pode ser utilizada como um meio de comunicação contínuo entre as equipes de desenvolvimento. Shen, W. *et al.* (2010) apontam que através da **RV** é possível desenvolver **organizações virtuais**, aonde a maior parte da comunicação e do trabalho compartilhado não é física.

Algumas funcionalidades dos **AVC** incluem visualização em tempo real dos modelos 3D suas atualizações, e aplicações variadas para comunicação e gestão do desenvolvimento. Para Bruno e Muzzupappa (2010), os protótipos virtuais são um grande atrativo dos **AV**, tendo um custo e tempo de execução reduzido frente a protótipos físicos. Conforme Noon *et al.* (2012), existe um número crescente de aplicações de **RV** em sistemas de desenvolvimento colaborativo para análises e modelamento de soluções. Algumas pesquisas, segundo os autores tem demonstrado que os ambientes de **RV** podem ter vantagens sobre os sistemas **CAD** padrão. Os sistemas baseados na web que suportam diferentes plataformas de trabalho podem integrar softwares **CAD** para o desenvolvimento e gestão colaborativa, incluindo opções de anotações, marcação e modelagem colaborativa por usuários remotos (GERMANI *et al.* 2012).

Para Sharples *et al.* (2007), as ferramentas de **RV** e **AV** vem se aproximando de softwares de simulação humana e do trabalho auxiliado pelo computador, mas o desafio, segundos os autores, é integrar as funcionalidades e especificidades de sistemas **CAD** complexos nestes ambientes sem impactar a usabilidade e dinamismo da colaboração co-localizada. Para Kosmadoudi *et al.* (2013), os sistemas **CAD** se tornaram complexos a ponto de gerar uma alta carga cognitiva nos usuários. Os autores sugerem que os sistemas **CAD** devem se apropriar de novas interfaces de AV para facilitar o compartilhamento e desenvolvimento de ideias em ambientes de trabalho distribuído.

Em seu trabalho de pesquisa Bruno e Muzzupappa (2010), desenvolveram um sistema de prototipagem virtual em design colaborativo denominado VP4PaD (Figura 11) que buscou verificar através da interação direta, com uso de Joystique tridimensional (joystick 3D) e luva de dados (dataglove), com modelos 3D as capacidades de desenvolvimento em **AVC**. Um dos pontos deste desenvolvimento foi compreender se a interação homem-produto em **AV** pode ser considerada para avaliação de produtos voltados ao mercado real. Os autores apontam que o **AV** permite uma interação dos usuários capaz de encontrar soluções efetivas para produtos reais.

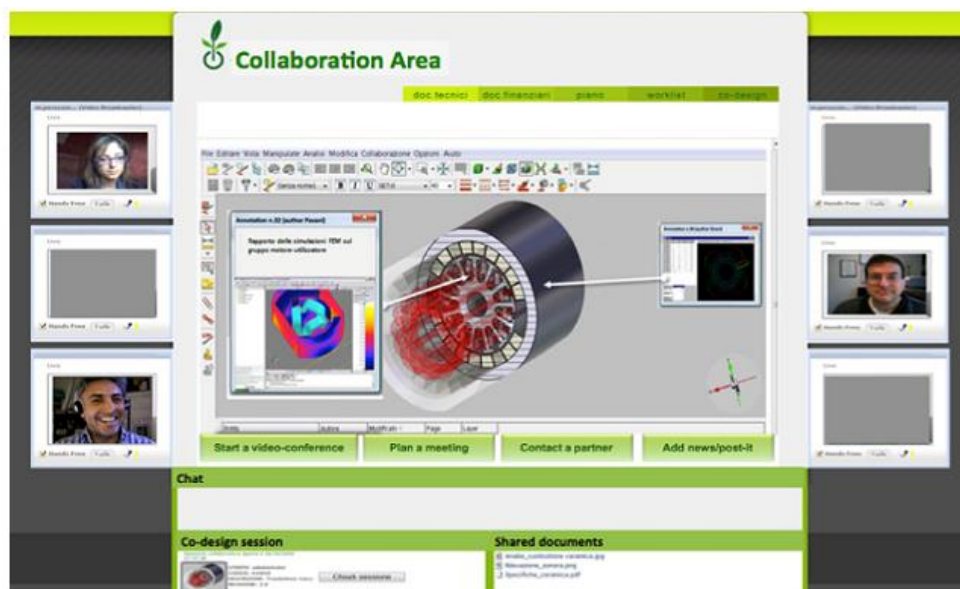
Figura 11 - VP4PaD



Fonte: Bruno e Muzzupappa (2010, p. 257)

O sistema CoreD é citado por Germani et al. (2012b), como uma plataforma (Figura 12) de trabalho colaborativo desenvolvida pela universidade de Mache (UNIVPM), nesta, diferentes softwares podem ser integrados **CAD**, ferramentas de gestão, videoconferência e chat para promover o desenvolvimento colaborativo em tempo real.

Figura 12 - Plataforma colaborativa CoRed



Fonte: Germani et al. (2012b, p. 809)

No trabalho de Noon *et al.* (2012), é sugerida uma plataforma colaborativa para integração de sistemas **CAD**, de **RV** e gestão do desenvolvimento do produto (**PDM**). Para os autores esta **plataforma** permite aos usuários uma interação mais direta com o produto, elevando a criatividade do grupo, e gerando soluções de design mais interessantes que no desenvolvimento face-a-face. Outros estudos citados pelos autores pesquisados podem ser observados no (Quadro 5), e compõem parte do cenário atual de pesquisa de ambientes virtuais e colaboração no desenvolvimento de produtos.

Quadro 5 - Estudos relacionados pelos autores de P&D em AV

Estudos relacionados – Seção 1/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
1999	Faraj e Alshawi	Ambiente de prototipagem rápida, com o compartilhamento de softwares através de interface baseada na web.	Avaliar através de um sistema base ferramentas de desenvolvimento CAD e gestão	Shen, W. <i>et al.</i> (2010)
2001	Kuutti <i>et al.</i>	Protótipos Virtuais em interface web	Avaliou que é possível reconhecer problemas de usabilidade em protótipos virtuais.	Bruno e Muzzupappa (2010)
2001	Jin et al	Um sistema tele-imersivo de AVC	Avaliou a interação entre dois atores buscando compreender aspectos da emoção nos AVC	Bruno e Muzzupappa (2010)
2004	Isomura <i>et al.</i>	Interface Web-based de comunidade virtual	Avaliar o desenvolvimento de um aparelho de CD	Bruno e Muzzupappa (2010)

Estudos relacionados – Seção 2/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2004	Davis	Design colaborativo através de ambientes de trabalho de RV	Avaliar protótipos em um ambiente de trabalho virtual ajustando diferentes configurações	Bruno e Muzzupappa (2010)
2004	Aziz et al	Suporte a colaboração em dispositivos móveis com auxílio de IA	Sugerir um padrão para desenvolvimento em dispositivos móveis	Shen, W. <i>et al.</i> (2010)
2004	Lahti et al	Mediado com um AVC baseado na Web	Análise da interação de usuário para ensino de materiais têxteis	Koutsabasis <i>et al.</i> (2012)
2004	Liu et al	Apresenta um AV de modelagem CAD utilizando ferramenta háptica	Almejou a interação háptica com o produto em desenvolvimento e a atualização em tempo real do produto	Shen, Y. <i>et al.</i> (2010)
2006	Reffat	RV em AVC tridimensionais para o trabalho síncrono entre atores com auxílio de IA	Sugere uma abordagem de trabalho síncrono em ambiente virtual, mas não identifica suportes para implantação	Shen, W. <i>et al.</i> (2010)
2007	Heldal	Modelos de RV com suporte à interação e colaboração	Observou vantagens significativas em encontrar soluções ótimas através dos protótipos virtuais.	Bruno e Muzzupappa (2010)
2007	Drettakis et al	Uso de AVC centrado no usuário	Análise de alterações de arquitetura e design urbano, alcançando resultados positivos no uso de AVC.	Koutsabasis <i>et al.</i> (2012)
2007	Turkiyyah	Software háptico para modelagem 3D em AV de RV	Simular o modelamento com retorno háptico em ambiente de RV	Shen, Y. <i>et al.</i> (2010)
2008	Mobach	Uso de MV para desenvolvimento arquitetônico e design espacial	Encontrou resultados positivos na criação de soluções para o mundo real através dos cenários simulados.	Koutsabasis <i>et al.</i> (2012)
2010	Perkinder et al	Suporte à criação de sketches através de softwares CAD em AV imersivos	Investigar problemas e soluções com geração de formas automáticas	Nee <i>et al.</i> (2012)
2011	Ng et al	Ambiente de design em RA com uso de gestos	Avaliar o uso de RA como prototipagem	Nee <i>et al.</i> (2012)

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o advento do retorno háptico novas abordagens colaborativas surgiram nos **AV**, como cirurgias remotas, ferramentas de modelagem colaborativas e sistemas operadores remotamente, segundo Lin *et al.* (2010). Observa-se que interface dos **AVC** com os usuários ocorre através de dispositivos multissensoriais como óculos/capacete de realidade virtual, luvas de dados com sensores de movimento, retorno háptico e ambientes imersivos. Embora o ambiente de **RV** imersivo tenha se mostrado satisfatório em atividades colaborativas, Bruno e Muzzupappa (2010) apontam que o uso de luvas de dados para avaliação de produtos mostrou-se problemático para usuários heterogêneos, principalmente ao abordar um grupo heterogêneo de usuários finais. Os autores sugerem que a dificuldade de interação poderá ser solucionada através de instrumentos hápticos inteligentes para uma melhor identificação das características dos produtos e necessidades de uso.

Embora inúmeros estudos tenham sido efetuados no campo de pesquisa do desenvolvimento colaborativo em AV não se tem um modelo consolidado de integração de sistemas **AV** ao desenvolvimento de produtos. Nee *et al.* (2012), afirmam que embora muitas abordagens tenham buscado o uso de **RV** para o design de produto, incluindo versões híbridas unindo desktop e ambientes imersivos para o desenvolvimento de produtos em **CAD**, ainda existem problemas de fluidez e usabilidade nos modelos atuais. Para Germani et al. (2012b), os **AVC** devem satisfazer as seguintes características:

Prover funções básicas de modelagem e análise em um espaço comum; prover comunicação em tempo real; organizar e gerir as informações desenvolvidas; permitir diferentes representações do produto para avaliações; suportar e promover a tomada de decisões e o trabalho criativo; permitir interação eficiente com os dados do projeto e utilizar de recursos de interação como os dispositivos multissensoriais. (GERMANI *et al.* 2012, p. 794 tradução nossa)

Bruno e Muzzupappa (2010) comentam que no design de produtos industriais tem sido pouco pesquisado sobre a interface dos **AV**. Conforme Germani et al. (2012b), o trabalho colaborativo síncrono em **AVC** é especialmente desafiador por solicitar uma série de tecnologias para facilitar e aprimorar a experiência de uso. Os sistemas atuais de **AVC** com suporte ao desenvolvimento **CAD**, segundo Kosmadoudi *et al.* (2013), não precisam mais buscar adequar-se apenas a modelagem detalhada de produtos, mas sim, fornecer uma gama de ferramentas intuitivas capaz de suportar o design colaborativo e melhorar o desempenho dos usuários.

3.3.2. Ambientes Virtuais Colaborativos

A comunicação mediada pelo computador vem sendo cada vez mais aplicada nos sistemas colaborativos. Os ambientes de compartilhamento de informação baseados na web,

promovem a comunicação entre membros de equipes remotas, mas no entanto, não favorecem a fluidez das interações face-a-face, conforme Vivacqua *et al.* (2011), o que pode restringir o grau de reconhecimento da informação e a profundidade da comunicação que pode ser abordada, segundo Rahman *et al.* (2012). Neste contexto, que possui uma alta complexidade o desenvolvimento de ambientes virtuais distribuídos enfrenta desafios que tangem capacidades tecnológicas como a capacidade de troca de dados e o dinamismo da entrada e saída de usuários, Ta e Zhou (2007), até questões cognitivas envolvendo a percepção de usuários nas interações nestes ambientes virtuais (GERMANI *et al.* 2012).

Os ambientes virtuais colaborativos começaram a ser desenvolvidos com o avanço da computação gráfica e tecnologias de transmissão. O acesso de usuários remotos a estes sistemas pode ocorrer em tempo real permitindo uma interação compartilhada no mundo virtual, o que pode reduzir o tempo e custo de desenvolvimento de produtos (CHANDRASEGARAN *et al.* 2013). Neste cenário, os usuários são usualmente representados por avatares aonde cada ator controla as ações no ambiente imersivo para realizar interações, conforme Ta e Zhou (2007). A uso de ferramentas CAD em ambientes colaborativos tem como foco permitir a manipulação e apoio do desenvolvimento colaborativo de novos produtos (CHANDRASEGARAN *et al.* 2013). Os ambientes virtuais tem uma vasta aplicação, que vai de jogos, simulações militares, e o desenvolvimento colaborativo, Ta e Zhou (2007).

Para Rahman *et al.* (2012), as discussões de sistemas para apoiar a colaboração remota normalmente implicam em ambientes mais ricos, permitindo o acesso a parceiros de forma síncrona e a manipulação de artefatos, visando proporcionar um melhor apoio às equipes de projeto. De acordo com Uva *et al.* (2010) interfaces de desenvolvimento colaborativo como os ambientes de Realidade Aumentada têm se integrado ao discurso dos ambientes virtuais imersivos através do uso de espaços de trabalho como cavernas tecnológicas, telas múltiplas e óculos de realidade virtual. Os autores apontam que estas opções de desenvolvimento podem favorecer a troca de informações enquanto aplicações com uso de dispositivos mais acessíveis como computadores e webcam, apresentam uma grande vantagem competitiva.

Conforme Shen *et al.* (2008), os avanços de computação gráfica tem sido abordados nos AVC para a visualização e manipulação de objetos de forma cada vez mais realista. Rahman *et al.* (2012) discutem que representação tem um grande relevância no apoio aos projetos desenvolvidos em AVC. Nesta direção, Vries e Masclet (2013), ressaltam que diferentes tipos de representação podem oferecer resultados específicos no desenvolvimento colaborativo. Abordando a distinção diádica/triádica e monossêmica/polissêmicas os autores tratam que algumas representações minimalistas podem trazer resultados melhores que cenários complexos, porém não existe uma norma ou regras consolidadas. Desta forma, embora os

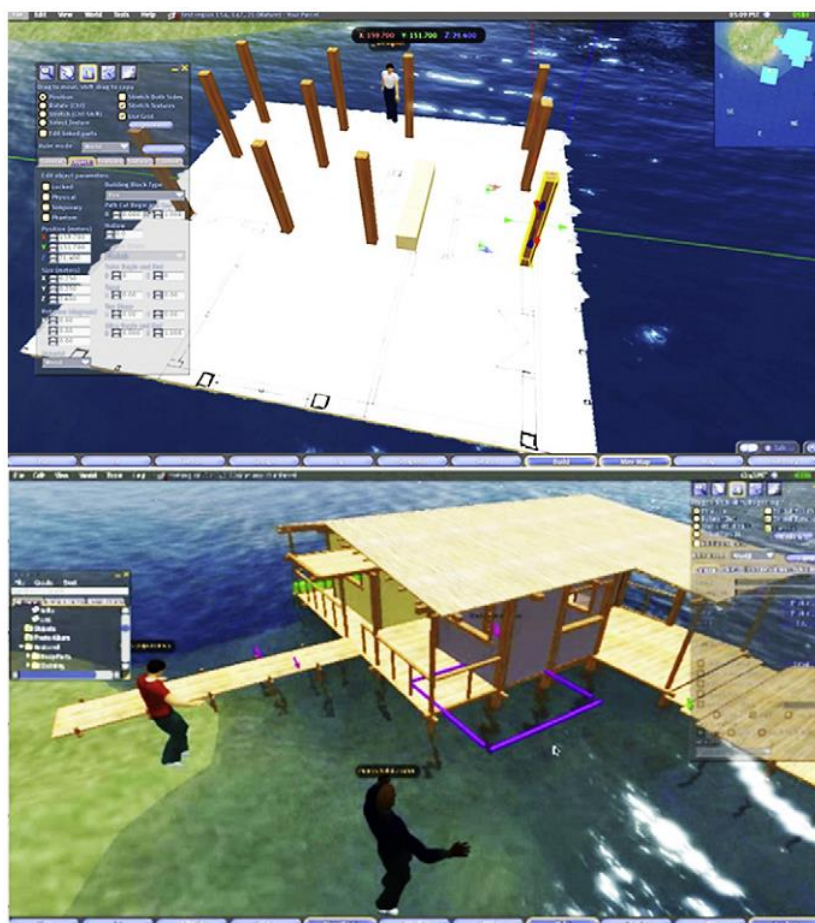
AVC possam oferecer vantagens, ainda existem questões críticas de interface e configurações que são investigadas para uma melhor implantação das ferramentas colaborativas (UVA *et al.* 2010). Para Robin *et al.* (2007), a implantação de um ambiente de projeto depende ainda da análise do projeto que se pretende otimizar, e a adequação dos parâmetros do **AVC**.

3.3.3. Mundos Virtuais

A possibilidade de imersão em um **Mundo Virtual** expande o ambiente de trabalho compartilhado. Os mundos virtuais (**MV**) como os **AVC** tem como base um cenário tridimensional aonde os usuários são substituídos por representações gráficas chamadas avatares, e podem navegar e interagir com objetos e outros usuários comunicando e colaborando com um alto grau de presença (GERMANI *et al.* 2012). É possível definir os elementos dinâmicos que vão compor o cenário, como uma sala, cidade ou universo, e implantar junto aos usuários reais, personagens de inteligência artificial para auxiliar nas tarefas de colaboração (TEE *et al.* 2009). Estes ambientes, possibilitam atividades e relações similares do mundo real, como presença e co-presença de atores nos ambientes simulados, a comunicação multimídia entre os usuários, e a interação com elementos dinâmicos, apontam Koutsabasis *et al.* (2012).

Os MV foram propostos para diferentes fases do ciclo de vida do produto, embora algumas aplicações avançadas despontem em indústrias de grande porte o uso dos MV não é comum. Koutsabasis *et al.* (2012) sugerem que isto pode relacionado ao custo para o desenvolvimento destes ambientes e dos dispositivos para interação, além do treinamento de usuários. Hoje, os principais softwares de Mundos Virtuais são voltados ao uso recreativo semi-imersivo, como o Second Life (Figura 13) e o jogo massivo World of Warcraft. O software denominado Wonderland da empresa Sun Microsystems oferece uma alternativa aberta para o desenvolvimento de espaços virtuais tridimensionais. Neste, os usuários podem interagir simulando as ações reais que ocorreriam em um ambiente de trabalho compartilhado presencial (GERMANI *et al.* 2012). Embora os **MV** sejam voltados principalmente para comunicação e interação síncrona é possível fazer registros assíncronos para prover a troca de informação entre usuários que não estão presentes no mesmo tempo (KOUTSABASIS *et al.* 2012).

Figura 13 - Desenvolvimento colaborativo no SecondLife



Fonte: Koutsabasis *et al.* (2012, p. 373)

Avanços tecnológicos e o menor custo de aquisição de produtos como telas e monitores tridimensionais, tem reaproximado o conceito de Mundos Virtuais da prática de desenvolvimento. A capacidade processamento dos computadores atuais permite a exibição de um volume maior e mais complexo de componentes e objetos em **AV** favorecendo a visualização e compreensão destes ambientes para o desenvolvimento colaborativo, conforme Sharples *et al.* (2007), e a avaliação de produtos pelos atores de projeto remotamente (LIN *et al.* 2010). Em relação as projeções virtuais do usuários uma das possibilidades viabilizadas pelo uso de avatares é auxiliar os usuários de **MV** a efetuar análises ergonômicas em protótipos virtuais, Koutsabasis *et al.* (2012).

Os **MV** oferecem oportunidades únicas para os usuários sem a interdependência de relações do mundo real, o que favorece experiências diferenciadas de uso que introduzem novos paradigmas e metáforas. Para compreensão de como articular e interagir com estes **MV** pode ser necessário algum tempo de adaptação dos usuários. Embora as oportunidades de desenvolvimento e implantação de ferramentas sejam praticamente ilimitadas o design

colaborativo em **MV** ainda se encontra incipiente (KOUTSABASIS *et al.* 2012). Alguns problemas para uso de sistemas em projetos de produto devem-se as limitações dos softwares atuais como a falta de recursos para o detalhamento e testes do produto. Como também a falta de pesquisas conclusivas, o custo do desenvolvimento destes ambientes e limitações políticas e culturais das organizações.

3.4. TECNOLOGIAS DE SUPORTE A COLABORAÇÃO

Os avanços nas tecnologias de informação e comunicação na última década têm melhorado dramaticamente o apoio à colaboração em ambientes compartilhados (SHEN *et al.* 2008). Entretanto para Rahman *et al.* (2012), as necessidades específicas de equipes de projeto colaborativos nas mais diferentes fases do processo de design ainda são tratadas de forma incipiente. Freudenthal *et al.* (2011), apontam que as metodologias necessárias para permitir um fluxo de trabalho adequado ao trabalho colaborativo não são triviais. Neste cenário se incluem aplicações de groupware para facilitar a comunicação entre os membros da equipe de design e técnicas de sensibilização para melhorar a coordenação entre os envolvidos, Shen *et al.* (2008, p. 857).

A prática da colaboração foi motivada nos últimos anos pela necessidade competitiva e também pela capacidade de integrar as diferenças entre os atores de uma equipe para o incremento do conhecimento e possibilidades de projeto (DURUGBO *et al.* 2011). Estas diferenciações resultam de aspectos prévios que conduzem a novas abordagens de trabalho. O trabalho de Marcos (2002) *apud* Vivacqua *et al.* (2011), trata de uma abordagem de colaboração extrema que enfatiza o trabalho em instalações compartilhadas para a tomada rápida de decisões apoiadas por ferramentas tecnológicas e um mediador de conflitos. Este trabalho co-instalado traz mudanças de especificações em tempo real para todos os envolvidos atuarem de forma incremental nas alterações de projeto, interagindo sempre que necessário.

3.4.1. Sistemas colaborativos baseados na web

A internet é explorada como um sistema para suportar a interação entre diferentes atores mesmo remotamente locados. A colaboração baseada na web (*web-based*) deve idealmente ser acessível através de qualquer plataforma, Yu *et al.* (2010). Buscando o pleno desenvolvimento do trabalho suportado pelo computador, novas pesquisas e sistemas tem sido desenvolvidos. A profundidade e a amplitude desses aplicativos e sistemas estão muito além da definição tradicional de engenharia simultânea, Shen *et al.* (2008). Conforme Durugbo *et al.* (2011), ao tratar de redes colaborativas baseadas na web, tem-se um interesse renovado

nas pesquisas científicas para compreender as interações e aplicações desta ferramenta multimídia complexa.

A interface web é utilizada geralmente como um suporte para o compartilhamento de dados de projeto, conhecimento e informações, entretanto, Shen *et al.* (2008) apontam que em alguns casos o sistema web é integrado a tecnologias de gestão de dados e gerenciamento de projetos, podendo atuar no registro e distribuição de informações relevantes a empresa. Segundo Germani *et al.* (2012b), diferentes soluções foram propostas na literatura para aperfeiçoar o trabalho assíncrono, como comunidades baseadas na web, como redes sociais, blogs, Wikipédia e documentos compartilhados. A natureza dinâmica da infraestrutura baseada na web precisa ser considerada durante o projeto dos sistemas colaborativos, Yu *et al.* (2010). Segundo, Shen *et al.* (2008), algumas características básicas devem ser contempladas nos sistemas CSCW baseados na web, como a **comunicação** multimídia, **autenticação** de acesso e **acesso** as informações e **estrutura** do projeto.

No trabalho de Yu *et al.* (2010), é apresentado o conceito de Web3D que oferece um sistema colaborativo para o desenvolvimento de produtos em cenários remotos com base em um interface virtualizada. Estes sistemas procurando integrar as ferramentas CAD junto às capacidades de comunicação remota proporcionada web. Para Shen *et al.* (2008), o desafio remete à construção de ambientes baseados na web que permitam a integração de projetistas humanos, agentes de software e servidores web utilizando as tecnologias disponíveis e emergentes, sem entraves de interação.

3.4.2. Ferramentas para a colaboração

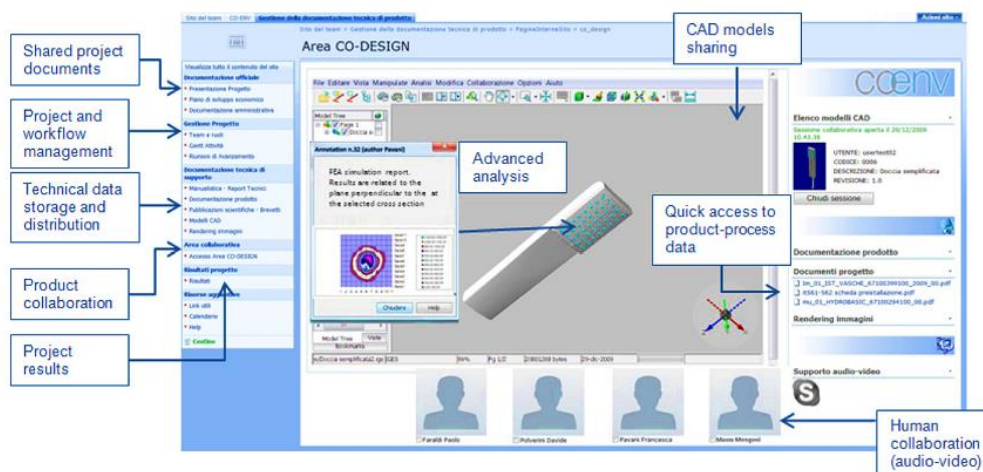
Para a colaboração em uma organização virtual, em que designers e outros usuários estão localizados distribuídos geograficamente é necessário um sistema bem gerenciado que permita a cooperação de forma dinâmica (FAN *et al.* 2008). Shen *et al.* (2008, p. 857 tradução nossa) apontam que “tecnologias como CSCW e agentes inteligentes têm sido investigados para atender esta necessidade, especialmente para melhorar a comunicação, cooperação e coordenação entre os membros da equipe de projeto”. Neste contexto, diversos ambientes foram desenvolvidas para auxiliar o processo de projeto de produtos como, “Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacture (CAM), Computer Aided Process Planning (CAPP), Product Data Management (PDA), Design for Assembly (DFA), Design for Manufacturing (DFM), system simulation”, de acordo com Yu *et al.* (2010, p. 591).

O uso de softwares CAD compartilhados através da web ganha destaque na pesquisa de design colaborativo. Uva *et al.* (2010), comentam que nos sistemas CAD compartilhados é possível

fazer anotações, análises e comentários sobre alterações e verificações, entretanto a interação ainda não é dinâmica e prática para todos os atores. O trabalho de Lai (2009), sustenta que o uso de CAD se vincula principalmente a atividades de projeto discretas, e que estas aplicações embora boas na criação de objetos ainda não são eficientes no desenvolvimento colaborativo especialmente em etapas conceituais. Corroborando Robin *et al.* (2007) discutem que as ferramentas CAD embora eficazes no detalhamento de objetos, não promovem a avaliação de aspectos comportamentais e funcionais dos objetos desenvolvidos, vinculado aos usuários. O autores apontam que os processos dinâmicos e complexos do design colaborativo não estão completamente adaptados aos sistemas CAD atuais.

Germani *et al.* (2012) apresentam uma plataforma multimídia baseada na web que permite o uso de softwares compartilhados para uma experiência remota adaptada ao design colaborativo, denominado Coenv. Na captura de tela demonstrada (Figura 14) é possível observar que o programa permite videoconferência, o compartilhamento de tela de um software CAD, o acesso a dados do projeto como processos, referências técnicas, documentos compartilhados, e resultados de simulações e análise.

Figura 14 – COENV



Fonte: Germani *et al.* (2012, p. 23)

Enquanto a ferramenta apresentada por Germani *et al.* (2012b), demonstre um avanço em direção aos projetos colaborativos em **AV**, o uso de interfaces CAD clássicas ainda é debatido. Para Lai (2009) o benefício dos softwares CAD é indiscutível frente ao projeto de produtos, mas ainda existem questões de uso que delimitam estes aplicativos a usuários especialistas. O autor sustenta que mesmo designers podem sentir dificuldades a lidar com interfaces CAD diferenciadas, alguns motivos apontados: os designers são treinados muitas vezes através de desenhos e protótipos físicos, o uso da interface com um mouse não tem o feedback tátil

comum aos designers, e o uso de softwares CAD geralmente exigem a habituação a comandos complexos e operações, (LAI, 2009).

Ao abordar o design conceitual em que existe uma grande profusão de ideias os softwares CAD possuem pouca flexibilidade para o trabalho dinâmico. Buscando aprimorar o trabalho de designers principalmente nas fases iniciais de projeto onde os produtos tendem a ser estudados através de esboços e representações sem alto grau de detalhamento, alguns softwares começam a ser desenvolvidos. Chandrasegaran *et al.* (2013), apresentam em seu trabalho que dois softwares comerciais que abordam a construção de modelos para a fase conceitual do projeto de design o Sketchbook Pro da empresa Autodesk e o CATIA Natural da empresa Dassault Systemes. Estes integram não apenas esboços como também o gestual do usuário em interfaces tangíveis. O Sketchbook Pro, atua principalmente no desenvolvimento de desenhos bidimensionais enquanto o CATIA Natural busca a transformação em objeto tridimensional dos esboços efetuados no programa.

Estas formas de representação vão ao encontro ao discurso de Vries e Masclet (2013), que apontam que muitas vezes a expressão das necessidades dos clientes e usuários através de representações é impactada por softwares CAD que dependem fortemente de desenhos técnicos e representações científicas, que demandam tempo para ser desenvolvidas. Goel *et al.* (2012), afirmam que próxima geração de sistemas CAD irá abordar não apenas as questões de gestão entre tempo, espaço e conteúdos distintos, mas também valores culturais caracterizados por perspectivas diferentes, valores e normas individualizados e representações adequadas a cada usuário. Freudenthal *et al.* (2011) corroboram dizendo que os sistemas colaborativos devem exigir pouco esforço cognitivo para o desenvolvimento das tarefas e suportar de forma mediada pelo computador os erros humanos apontando correções ou sugestões sem criar entraves ao processo colaborativo. O trabalho de Goel *et al.* (2012, p.879), propõe que a próxima geração de aplicativos CAD será definida por quatro características: **Cognição, Colaboração, Conceitos e Criatividade**.

Uva et al. (2010) apontam que, embora as atividades de negociação sejam notadamente importantes na prática do design colaborativo, as aplicações de CSCW baseadas na web ainda não apresentam resultados plenamente satisfatórios para as atividades colaboração e compartilhamento da informação. Os autores apontam as seguintes questões problema nestes sistemas (i) **integração** entre diferentes sistemas de desenvolvimento (ii) a **gestão** da comunicação (iii) facilidade e **flexibilidade** de uso (iv) a compreensão da **complexidade** do design colaborativo (v) gestão e **adaptabilidade** de configurações dos sistemas e (vi) apoio ao conteúdo distribuído através da web. Bock *et al.* (2010) sustentam que problemas de **ontologia** também podem ser foco de dificuldades no processo colaborativo.

Observando tendências futuras para o CSCW, Shen *et al.* (2008), discorrem sobre a integração de ferramentas e softwares durante todo o ciclo de vida do produto; a possibilidade de testes físicos em protótipos virtuais; sistemas interativos facilitados por inteligência artificial e acessos personalizados de forma dinâmica a diferentes usuários. Chandrasegaran *et al.* (2013) e Shen *et al.* (2008) afirmam que colaboração em massa também é uma perspectiva futura.

3.5. ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO

Os ambientes virtuais colaborativos, com base em realidade aumentada ou realidade virtual parecem responder ao novo cenário de competição no desenvolvimento de produtos. Para abordagens rápidas e a interação de equipes de desenvolvimento distribuídas geograficamente, as empresas utilizam ferramentas de colaboração baseadas na web como uma forma de alcançar resultados eficientes sem a necessidade de deslocar atores para um ambiente co-localizado.

As pesquisas vêm demonstrando gradativamente o avanço dos ambientes virtuais para o suporte a colaboração, entretanto não existem modelos consolidados como soluções definitivas para este formato de desenvolvimento. Observando o direcionamento dado pelos autores pesquisados aos ambientes de desenvolvimento colaborativo percebe-se que existem duas grandes vertentes de pesquisa; em realidade virtual, o mundo é digitalizado para que ocorram interações imersivas em um cenário virtual. Ao tratar da realidade aumentada percebe-se que o movimento é contrário inserindo no mundo real a informação digital.

Ao observar os estudos de ambiente virtual sob a ótica colaborativa pode-se traçar uma relação direta com o modelo de colaboração 3C apresentado no trabalho de Fuks *et al.* (2003). Ao tratar da **comunicação**, os modelos discutem da integração de ferramentas multimídias para prover melhores canais de troca de informação síncrona e assíncrona. Ao discutir sobre a comunicação verbal e não-verbal, se percebe que principalmente a comunicação não-verbal representa um desafio complexo para a colaboração remota. Ao abordar este tema em realidade aumentada o discurso aponta para a facilitação deste modelo de comunicação em cenários co-localizados. Embora, as dificuldades sejam ressaltadas não foram identificados estudos específicos para dissolução dos problemas de comunicação não verbal nos ambientes virtuais remotos.

Os conflitos na interação entre pessoas e objetos não são tratados diretamente nos artigos resultantes da pesquisa RBS, entretanto alguns pontos podem ser levantados. A tomada de decisões em ambientes colaborativos é um processo incremental que ocorre em etapas de negociação entre pares para a solução de problemas ou a convergência de pontos de vista.

Para tanto, os autores apontam que a comunicação é tratada não apenas como forma de compartilhamento de informações, mas um processo de colaboração que deve ser gerenciado.

A coordenação é abordada através da discussão de que os mecanismos de gestão devem ser eficientes para a coleta de dados e a distribuição de funções, em cenários síncronos ou assíncronos. Em sistemas remotos a abordagem de softwares dedicados à gestão do processo de desenvolvimento é constante entre os autores e remete a necessidade das empresas em manter o controle das operações de suas equipes de desenvolvimento.

A cooperação nos sistemas de ambiente virtual é grande foco da pesquisa desenvolvida. Os autores abordam a colaboração possibilitada pelas interfaces remotas como um ganho positivo para as empresas em termos de competição e alcance a usuários distribuídos geograficamente. Para colaboração são apresentadas plataformas que permitem a integração de softwares e sistemas multimídia. A percepção como articulação central do processo colaborativo é discutida tanto na compreensão entre usuários, como também na abordagem e interfaces dos ambientes colaborativos. Tem-se então o discurso da percepção cognitiva e um discurso voltado a percepção física dos ambientes virtuais que é abordada pelos dispositivos multissensoriais que serão tratados especificadamente no próximo capítulo.

4. Capítulo 4 | INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO

Uma vez compreendido que a informação é um ativo essencial da inovação, torna-se evidente a importância de se abordar os sistemas colaborativos e como esta informação é percebida pelos atores envolvidos. A percepção, apreendida como a compreensão profunda da informação, é um fator chave no processo de desenvolvimento colaborativo. É através da percepção que se assimila de forma inerente ao homem, o ambiente, a cultura, os usuários e as intenções nas ações. A percepção viabiliza a comunicação e interação as pessoas envolvidas ou interessadas na troca de informações. Esta percepção, ou compreensão das ações e forma de interação entre pessoas é intrínseca ao comportamento social do homem e ocorre de forma inconsciente na aquisição de conhecimento sócio cognitivo, segundo Vogeley e Bente (2010). Para os autores, perceber as emoções que envolvem um processo de informação é um reflexo automático do desenvolvimento cognitivo, mas que pode ser pontualmente analisado na busca de outros significados e particularidades.

A percepção apresenta carga cultural, emocional e cognitiva. Com os meios atuais de comunicação remota é preciso compreender as diferentes facetas da percepção, em busca de ferramentas colaborativas adequadas. Em ambientes virtuais, a distância física e temporal de outros participantes pode tornar a troca informacional inconsistente, o que demanda a tomada de novas mídias e canais sensoriais para incrementar a comunicação (PARKINSON, 2008). Para o autor, a comunicação mediada pode levar a novos enfoques através dos diferentes canais multimídia abordando cargas emocionais e informacionais distintas. O aprimoramento de meios não-verbais para interação conforme Kotlyar e Ariely (2013) podem favorecer a percepção e colaboração em ambientes virtuais colaborativos.

Na opinião de Parkinson (2008), a carga emocional em retorno a informação percebida, mais do que simples respostas a eventos, são modos de avaliar o engajamento social e com o mundo prático. Parkinson (2008, p. 1512 tradução nossa) afirma que “agir emocionalmente implica em primeiramente tomar uma dinâmica particular frente a um contexto abstrato ou social”. Segundo Kotlyar e Ariely (2013), quanto maior a troca de informações verbais ou não-verbais entre os pares, maior o senso de interação e conforto entre os envolvidos. Para os autores esta interação de grande intensidade favorece a comunicação, a colaboração e a distribuição de tarefas entre pares.

Compreendendo um quadro geral da comunicação tem-se que o processo comunicacional pode ser síncrono, assíncrono, verbal ou não-verbal, face-a-face ou mediado. Cada um destes

modos comunicacionais apresentam características singulares que devem ser observadas pelos usuários e desenvolvedores.

4.1. PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO

Com o desenvolvimento da internet e das redes de computadores, novas formas de comunicação começaram a fazer parte do processo informacional mediadas pelo computador. Hoje, a comunicação mediada pelo computador (CMC) é multimídia envolvendo formatos como texto, vídeo, imagens e modelos CAD (HATEM *et al.* 2012). Nesta comunicação, tomando como exemplo mensagens de e-mail, é comum os envolvidos perceberem uma perda informacional que nos processos face-a-face seriam contempladas com os sinais de comunicação não-verbais, de acordo com Walkowski *et al.* (2011).

Segundo Walkowski *et al.* (2011), estas lacunas perceptivas exercem impacto direto a comunicação mediada e devem ser compensadas através de informações mais detalhadas na forma de um discurso mais extenso que pode impactar negativamente a eficiência da **CMC**. Corroborando, Hatem *et al.* (2012) apontam que a comunicação mediada pelo computador demanda um tempo maior de discurso para o alcance dos objetivos. Os autores indicam que a compreensão nestes ambientes pode demandar ainda mais tempo que na comunicação face-a-face, em contraponto, a ausência do contato face-a-face reduz as trocas informacionais eventuais e pode melhorar o foco e desenvolvimento de tarefas específicas.

Para Parkinson (2008) em processos assíncronos a percepção das necessidades de alinhamento comunicacional entre os pares não é dada em tempo real, e deve ser viabilizada através de retornos comunicacionais aferindo valores emocionais para interpretação de mudanças. Desta forma, os modelos assíncronos de comunicação como e-mail, cartas, mensagens de texto ou imagens apresentam um tempo de troca de turno diferenciado em relação à comunicação síncrona que deve ser observado. Este turno compreende o tempo de revezamento ou troca de sujeito da ação durante o processo comunicacional. Neste tipo de interação deve-se cuidar para que os valores intrínsecos da comunicação sejam compreendidos de forma ótima pelos pares através de estímulos adequados.

O trabalho Parkinson (2008), sugere que embora a comunicação assíncrona represente geralmente uma demora maior para percepção e troca de informações é possível imputar aos dados uma reflexão mais profunda dos significados da informação. Nesse sentido, Hughes (2012) aponta que a troca informacional assíncrona permite uma tomada de tempo maior de reposta que no cenário baseado em tarefas pode ser eficaz. Entretanto, em processos de negociação ou comunicação que solicitem um contato mais direto para resposta imediata, a

rede de computadores pode se tornar uma aliada no transporte de dados multimídias em tempo real.

Tratando da empatia na colaboração multimídia Wilson *et al.* (2006) *apud* Hatem *et al.* (2012) apontam que na **CMC** é necessário um tempo maior de interação para o desenvolvimento de confiança entre os membros de times atuando para um objetivo colaborativo. Corroborando, Parkinson (2008, p. 1522 tradução nossa) afirma que “os participantes percebem um maior senso de conexão com a outra pessoa em níveis mais elevados de resolução temporal”, esta característica, de acordo com os autores, é facilitada em negociações em tempo real. Kotlyar e Ariely (2013), ao abordar a **CMC** através de ambientes virtuais colaborativos que contemplem a comunicação não-verbal sugerem que o uso de avatares e agentes virtuais tem se demonstrado uma prática colaborativa mais rica que os sistemas apenas textuais de troca de informação.

A comunicação verbal envolve conversas faladas entre as pessoas, enquanto a comunicação não-verbal usa gestos e a linguagem corporal. O conteúdo da comunicação verbal é bastante evidente e, portanto, facilmente compreendido. Na comunicação não-verbal grande parte do conteúdo é subconsciente e de menor facilidade de compreensão. Os participantes da comunicação face-a-face (FTF) tendem a não estar conscientes das mensagens não-verbais que estão sendo trocadas um com o outro, mas, no entanto, eles respondem a esses sinais que podem ser muito poderosos. (HATEM *et al.* 2012, p. 383 tradução nossa)

Enquanto na comunicação face-a-face é possível identificar e corrigir desvios de compreensão rapidamente através do uso de múltiplos canais de comunicação, na comunicação mediada é comum que os recursos de entrada e saída de informação não estejam disponíveis concomitantemente. Observa-se que na comunicação face-a-face são utilizadas uma série de canais síncronos para troca informacional - como o canal visual, tátil, olfatório, gestual e vogal – que possibilitam um maior grau de percepção (PARKINSON, 2008).

Carroll *et al.* (2003) *apud* Huang *et al.* (2012) apontam três tipos distintos de percepção: percepção **social** que trata do conhecimento consciente da presença de outros usuários no meio compartilhado; percepção das **ações** que permite observar e compreender as ações ou tarefas sendo executadas pelo grupo e a percepção das **atividades**, tratando de ambiente virtual colaborativo as atividades mediadas pelo computador devem ter ferramentas de comunicação e gestão que permitam a orientação das tarefas.

4.2. PERCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO NÃO VERBAL

A troca informacional sugere inicialmente a fala ou o texto, entretanto outros canais também são importantes para o alinhamento na comunicação. Segundo Vogeley e Bente (2010) e Robinson (2013) a comunicação não-verbal se utiliza de diferentes sinais para prover o contexto informacional como, por exemplo, as expressões gestuais do corpo e face, o comportamento que o indivíduo apresenta na interação e o olhar. Segundo os autores, até mesmo a postura tem impacto significativo na construção da informação e no resultado da comunicação. De acordo com Andreas *et al.* (2010) a comunicação não-verbal se demonstra bastante benéfica às interações dos usuários em ambientes virtuais colaborativos.

É consenso entre os autores pesquisados que a comunicação não-verbal é um importante meio de aquisição da informação que ajuda a construir valor para fala, pensamentos, sentimentos e ações. Nesta direção, Robinson (2013, p. 300 tradução nossa) afirma que “há alguns sinais não-verbais, como expressões faciais, tom de voz e movimento do corpo que podem ajudar no processo de compreensão sobre as emoções, desejos, objetivos e intenções de outras pessoas.” O comportamento, segundo Pelachaud (2009) de fato pode refletir nosso estado emocional e cognitivo através de reações verbais e não-verbais. No trabalho de Vogeley e Bente (2010) são indicadas duas perspectivas de estudo para compreensão deste tema: a perspectiva interpessoal, que tem base nos comportamentos não-verbais que contextualizam a comunicação e a perspectiva intrapessoal que trata dos processos mentais sócio cognitivos envolvidos na produção ou percepção de um comportamento não-verbal.

Vogeley e Bente (2010, p. 1080 tradução nossa) sugerem quatro funções simultâneas que ocorrem na comunicação não-verbal “(1) funções de modelagem e coordenação; (2) funções discursivas; (3) funções de diálogo e (4) funções sócio-emocionais.” As funções de modelagem são atribuídas pelos autores ao comportamento motor sob o ambiente físico ou social; as funções de coordenação ocorrem em ambientes ou tarefas compartilhadas e são aferidas principalmente pelo movimento do olhar que guia o observador. As funções discursivas são vinculadas aos elementos não-verbais do discurso e se dividem em Emblemas, Ilustrações e Gestos de Batida. A primeira assemelha-se a linguagem de sinais na substituição de palavras ou frases por um emblema significante. Ilustrações recorrem a movimentos gestuais para denotação de objetos. Os gestos de batida, segundo os autores, remetem à quando os atores efetuam a marcação rítmica do discurso dando ênfase pontual.

As funções de diálogo são apresentadas por Vogeley e Bente (2010) em dois modos, troca de turno e retorno de sinal. A primeira ocorre unindo sinais, verbais; para-verbais, como entonação de voz; e não verbais como gestos e expressões. Já o retorno de sinal recorre a

funções gestuais como acenar com a cabeça e o movimento dos olhos. Abordando a funções sócio emocionais os autores apontam que estas se dividem em três dimensões, que contemplam, avaliação, atividade e potência. Na avaliação ocorrem às posturas e olhares que traçam o envolvimento e a abertura do receptor à informação, como inclinar-se na direção do falante, cruzar as pernas, seguir com o olhar. A dimensão de atividade refere-se a gestuais acentuados e expressões faciais que articulam o discurso. Na dimensão de potência verificam-se sinais de dominância e relaxamento como, posições assimétricas, “deitar-se” na cadeira, e gestuais longos e lentos.

Neste contexto, cabe salientar que os sinais não-verbais que são transmitidos nas interações irão, conforme Vogeley e Bente (2010, p. 1079 tradução nossa), “inevitavelmente e simultaneamente afetar diferentes níveis de processamento das informações sociais, incluindo aspectos de formação de impressões, controle, interação e relacionamento emocional.” Os estudos de como estas informações afetam o mundo virtual ainda recaem sobre conhecimentos incipientes que tem emergido com acesso a novas tecnologias. Na sequência deste artigo serão contemplados os principais canais que atuam diretamente na comunicação não-verbal.

4.2.1. Gestual

Um dos caminhos mais importantes da comunicação não-verbal são os gestos, estes podem contemplar ações simples, como apontar para um objeto, ou até níveis mais complexos de troca informacional, como o uso da linguagem de sinais ou a transmissão a um parceiro dos movimentos desejados em uma dança. Tratando dos gestos no cenário virtual, Pelachaud (2009), apresenta seis dimensões do gesto que podem ser avaliadas na comunicação não verbal: **extensão espacial** (Figura 15); **extensão temporal**; **fluidez**; **poder**; **ativação de movimento**; **repetição**.

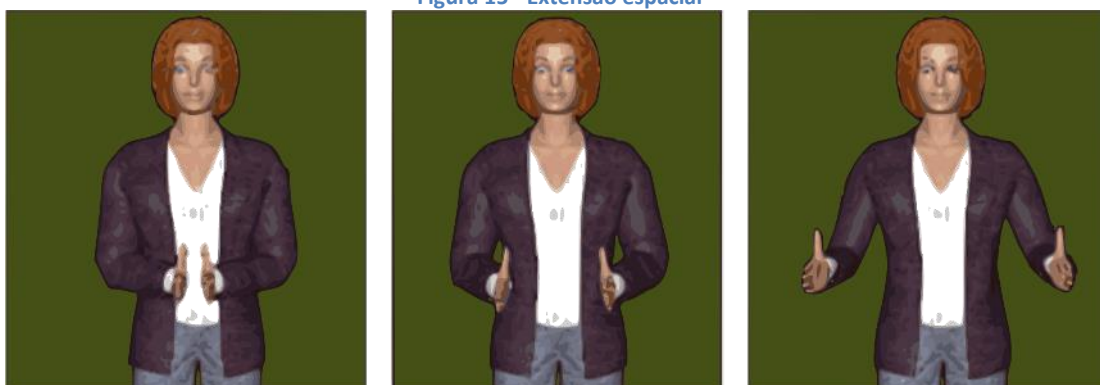


Figura 15 - Extensão espacial

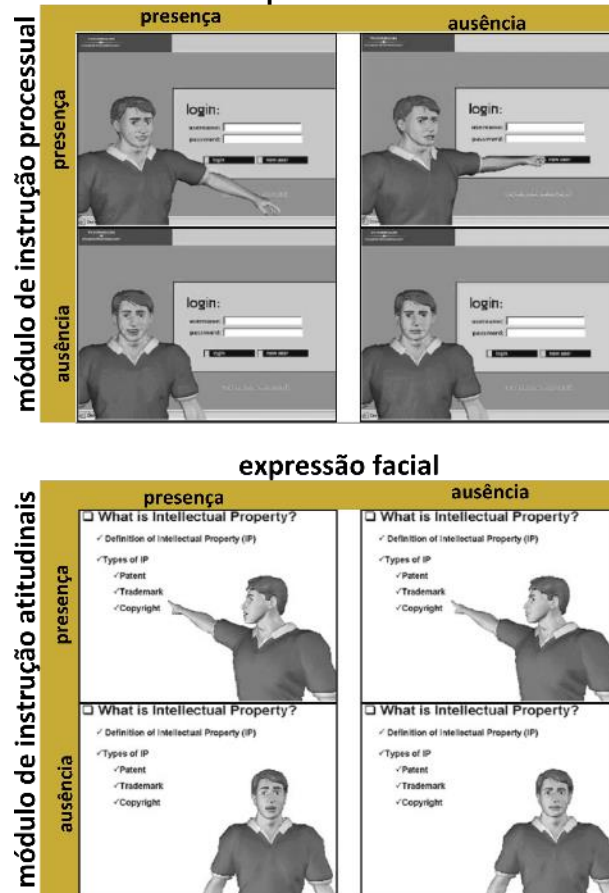
Fonte: Pelachaud (2009, p. 632)

Estas dimensões tratam respectivamente, do espaço consumido pelo movimento; o tempo e velocidade de execução do movimento; quão fluída é a sequência de movimentos; a força visual do movimento, a quantidade de movimentos em cada canal de informação; e a quantidade de repetições de um dado movimento. Acrescentando, Grammer *et al.* (1999) *apud* Vogeley e Bente (2010) apontam que os movimentos, expressões e posturas corporais também são influenciados por valores como velocidade da ação, aceleração, complexidade e simetria, capazes de dar ao observador, valores e significados que mesmo quando não identificados conscientemente compõem o quadro informacional. Os gestos dêiticos são demonstrativos ou funcionais e podem servir como referência para localizar um determinado objeto ou compreender um determinado contexto, Walkowski *et al.* (2011) concluem que:

Os gestos dêiticos funcionam para indicar e, assim, localizar objetos e/ou eventos no mundo físico: o que é apontado ou referido. Os gestos de apontar são muitas vezes utilizados para remover a ambiguidade dêítica. O apontamento pode ser síncrono e paralelo a expressões verbais, porém também pode transmitir uma mensagem em conjunto com expressões faciais e direcionamento do olhar sem quaisquer expressões verbais. Gestos dêiticos, portanto, contribuem para a nossa compreensão compartilhada: eles produzem uma comunicação mais eficiente, reduzindo a necessidade de pronunciamentos processuais, e também atuam reduzindo barreiras linguísticas. (WALKOWSKI *et al.* 2011, p. 363 tradução nossa)

No que se refere ao ambiente virtual de aprendizagem, o trabalho de Baylor e Kim (2009) apresenta dois módulos para apresentação de informação através de agentes virtuais (Figura 16). O módulo procedural aborda a forma como o usuário deve utilizar o ambiente de aprendizagem. O módulo atitudinal trata de ações mais adequadas para interação com o ambiente.

Figura 16 - Ambiente procedural / atitudinal
expressão facial



Fonte: Adaptado de Baylor e Kim (2009, p. 452 tradução nossa)

Os atores esclarecem que o uso de expressões faciais junto aos gestos pode sobrecarregar o sistema cognitivo, sugerindo o uso de apenas um canal não-verbal, para ambientes de aprendizagem, segundo Baylor e Kim (2009). O trabalho de Pelachaud (2009) indica que, em paralelo a linguagem de sinais, alguns gestos chamados de emblemas podem substituir palavras ou frases. Neste sentido, alguns significantes como piscar de olhos e a junção do polegar com o indicador formando um anel tem referências exclusivas a culturas distintas. O autor ainda sugere que os gestos só podem ser compreendidos literalmente frente ao contexto de sua produção. Nesse sentido, um gesto de mão com o dedo polegar para cima pode significar no Brasil uma aprovação ou mesmo pedido de carona, enquanto em outros lugares pode ter significados informacionais diferenciados.

É importante perceber que os canais mediados podem não contemplar corretamente as informações efetuadas através do gestual. A troca de informação gestual através de um canal mediado como videoconferência pode não ter uma interpretação correta. Walkowski *et al.* (2011) sustentam que o espaço visual das câmeras não é igual ao de ambientes reais e pode dificultar a visualização mental dos usuários. Os autores sugerem que em ambientes virtuais

sejam usadas ferramentas de rastreamento do usuário, como controles com giroscópio ou luvas de dados que podem ajudar na construção do contexto virtual do gestual para facilitar a comunicação mediada.

4.2.2. Facial

As expressões faciais desempenham um importante papel na identificação de interesses, sentimentos e emoções durante a comunicação. O trabalho de Pelachaud (2009) exemplifica algumas destas expressões faciais ao tratar da construção de expressões para avatares e agentes virtuais. Observa-se na (Figura 17) que os autores recriam na primeira sequência uma expressão feliz, uma triste e por fim, a superposição destas duas emoções. Na segunda sequência os autores apontam uma expressão triste, uma feliz, e simulação de um sorriso tentando mascarar a emoção de tristeza.

Figura 17 - Emoções em Avatar



Fonte: Pelachaud (2009, p. 634)

Para a definição de movimentos faciais de humanoides em ambientes virtuais, Pelachaud (2009, p. 634 tradução nossa) aponta que “oito partes do rosto são consideradas: a testa / sobrancelha, pálpebra superior, olhos, pálpebra inferior, bochecha, movimento dos lábios e nariz, e a tensão lábio”. A configuração incorreta do movimento facial pode gerar uma resposta não desejada do usuário e até mesmo a rejeição do sistema, já que o sistema não estará apresentando a informação em conjunto a expressões de forma coerente e pode até mesmo produzir expressões compreendidas de forma negativa.

Ao tratar de expressões faciais, Ekman (2001) *apud* Vogeley e Bente (2010) indica que existem pelo menos quatro relações expressivas que produzem significados na comunicação: as micro-expressões, que demonstram indicações mínimas que podem ou não corroborar com a

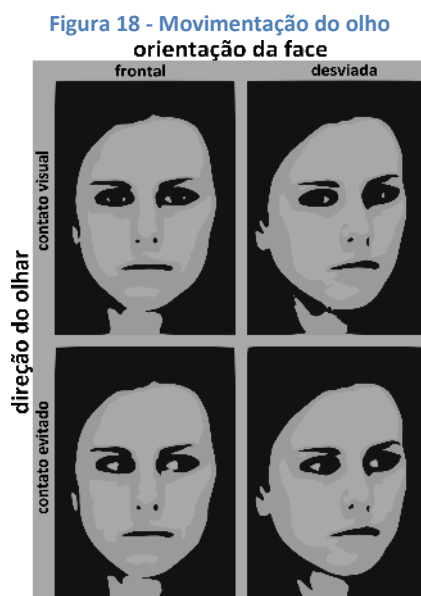
expressão que o sujeito apresenta intencionalmente; máscaras, que substituem parte de uma emoção real como felicidade por uma encenação como tristeza; tempo, o autor sustenta que expressões faciais verdadeiras não são mantidas por um longo tempo o que pode denotar uma mentira e como último elemento, assimetria, as expressões voluntariamente geradas não são completamente simétricas e produzem micro-variações na face.

As expressões faciais em sistemas virtuais parecem ser um fator positivo e de grande atenção em simulações como, por exemplo, os jogos e animações gráficas. Sustentando esta percepção, Guadagno *et al.* (2011) argumentam que, embora o sorriso de avatares seja apenas uma representação de um comportamento desejável no mundo real, existe de fato uma interação positiva de usuários reais ao se depararem com o sorriso de agentes virtuais. Neste contexto, Parkinson (2008) reforça a necessidade de se considerar o contexto de uso destas expressões. Para o autor, a compreensão de uma expressão ou movimento como informações que carregam também valor emocional, estando relacionadas a um objeto, pessoa ou atividade, depende do contexto ao qual se apresentam.

4.2.3. Olhar

A movimentação do olhar tem um papel significativo na informação. Segundo Walkowski *et al.* (2011) quando se acompanha o olhar do interlocutor ocorre um favorecimento no desenvolvimento social de interações em grupo como a atenção conjunta, o aprendizado social e o arranjo comunicacional. Para Rehm (2008) o olhar também constitui uma importante referência em demonstrar retorno a uma comunicação, indicar direcionamentos, expressar sentimentos emocionais, afetivos e até mesmo, regular o fluxo da comunicação.

Em seu estudo, Kampe *et al.* (2001) demonstram que o grau de atratividade de um olhar é compreendido pelo cérebro através de diferentes posicionamentos do ator (Figura 18). Segundo os autores, um olhar direto ativa uma percepção positiva enquanto um olhar desviado em geral é lido negativamente pelo observador. Entretanto, como observado em Parkinson (2008) esta leitura não é igual em todas as culturas, já que podem ocorrer interpretações diferenciadas para os mesmos signos. Desta forma, é importante considerar a customização dos sistemas com base na cultura do seu utilizador.



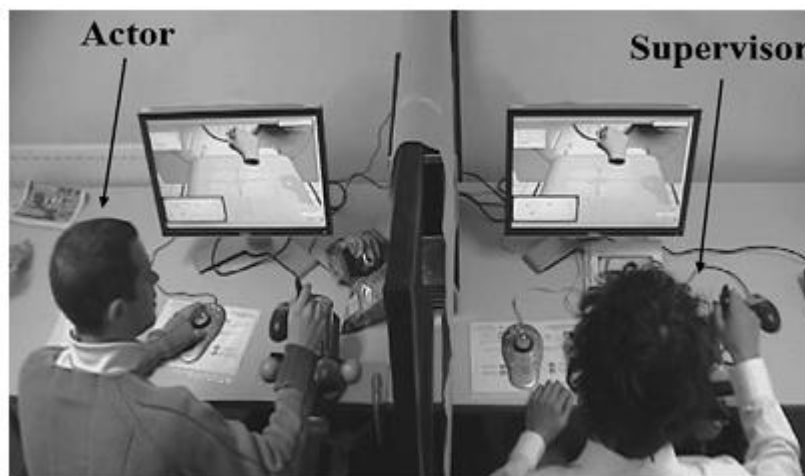
Fonte: Adaptado de Kampe *et al.* (2001, p. 589)

Walkowski *et al.* (2011), observam que o direcionamento do olhar tem um importante papel na identificação do foco de atenção frente a outros participantes e contextos. Os autores lembram que os sistemas remotos como ambientes colaborativos dependem da capacidade de transmissão de dados na rede, o que pode incorrer em latências na sincronia entre os diferentes canais de mídia, como fala (som) e olhar (imagem) gerando impacto negativo na compreensão do olhar. Ainda, a informação visual muitas vezes é limitada pelos vídeos, tanto por causa da resolução da imagem como também pelo contexto de uso o que pode influenciar a efetividade da comunicação através do olhar, tornando a interpretação da informação não-verbal mais difícil e propensa a desentendimentos.

4.2.4. Háptica

O toque ocorre na relação direta entre atores ou atores e objetos, sendo considerado um meio de informação direto com o que nos cerca. Chellali *et al.* (2011) comparam as sensações hápticas com a audição ou a visão (Figura 06). Segundo os autores, as sensações hápticas possibilitam uma maior interação entre colaboradores, que pode ser utilizada na explicação de tarefas e demonstração não-verbal de ações ou procedimentos. Os autores concluem que a percepção no ambiente virtual é favorecida através da sensação háptica.

Figura 19 - Prática colaborativa com ferramenta háptica ente ator/supervisor



Fonte: Chellali *et al.* (2011, p. 322)

Segundo Chellali *et al.* (2011), a percepção do outro usuário através da sensação háptica auxilia o trabalho em que as atividades manuais são compartilhadas, incrementando dinamicamente a informação através de reações ou ações de força, direção, velocidade e aceleração executados por cada operador. De acordo com os autores, esta forma de interação pode aproximar os atores em colaborações mediadas pelo computador facilitando uma compreensão mais íntima das ações e intenções do outro. Em seu trabalho Ferreira e Heemann (2012) concluem que embora se perceba uma tendência para sistemas de maior imersão em ambientes virtuais apoiados por tecnologias como o retorno háptico, ainda existam lacunas significativas ao trabalho colaborativo síncrono nestes ambientes. Para os autores, o uso deste canal de comunicação demanda um avanço constante no conhecimento e estudos para integração do universo virtual frente ao uso de referências do mundo real.

Os estudos sobre a háptica são detalhados no “CAPÍTULO 5 | HÁPTICA” deste trabalho que trata exclusivamente da relação háptica em sistemas mediados; dificuldades; o uso das interações; tarefas; dispositivos e critérios de seleção de hardware.

4.3. PERCEPÇÃO E MUNDOS VIRTUAIS

De acordo com Andreas *et al.* (2010), os mundos virtuais oferecem flexibilidade na customização dos avatares vinculadas à aparência e capacidades gestuais que possibilitam uma percepção facilitada dos usuários. Estas variações podem também ser ajustadas para que os agentes virtuais possam ter incrementados os comportamentos de comunicação verbal e não-verbal, facilitando o uso de diferentes canais de comunicação e, por conseguinte, também a percepção das informações.

Segundo Pütten *et al.* (2012), alguns pesquisadores tentaram definir o conceito de “presença” através de aspectos distintos. Uma forma apresentada pelos autores é de presença física e social. A percepção de “estar aqui” remete a sensação presença que passa pela compreensão. No caso dos ambientes virtuais colaborativos (**AVC**) esta passa pela imersão do usuário através do avatar no Mundo Virtual (**MV**) e permite evocar nos ambientes virtuais emoções e experiências análogas do mundo real (JURNET e MALDONADO, 2010). De acordo com essa explicação, a percepção da presença em **AVC** pode ser estruturada em três fatores referendados por: percepção de presença, envolvimento com o cenário e realismo do conteúdo.

Ainda nesta direção, Pütten *et al.* (2012) apontam algumas métricas que podem ser utilizadas em ambientes virtuais (**AV**) para identificar o grau de imersão e percepção dos usuários nestes cenários: como a percepção de inconsistências, envolvimento, interatividade, presença espacial, presença social de atores e agentes virtuais, presença temporal e aferição de comportamentos.

Em sua pesquisa, Huang *et al.* (2012) apontam que uma boa percepção permite a constante troca de dados e o alinhamento das tarefas para continuidade do desenvolvimento. Segundo Parkinson (2008), o uso de vídeos como meio de percepção dos outros em ambientes virtuais pode sugerir que a comunicação ocorrerá como na comunicação face-a-face. Entretanto o autor também reconhece que existem canais não-verbais, como gestos, entonação e olhar, que não são contemplados eficientemente neste modelo de comunicação. Desta forma, remete-se cada vez mais a construção de ambientes virtuais que contemplem diferentes canais de comunicação verbal e não-verbal, como também que possibilitem a flexibilidade de customização dos personagens virtuais para prover um maior realismo na interação entre atores.

4.3.1. Avatares

Parte da imersão em um **AVC** no formato de Mundo Virtual deve-se a capacidade do usuário conectar-se através de um avatar que o representa digitalmente e viabiliza interações como movimentar-se, observar e visualizar a presença de outros usuários. O **MV** traz a capacidade do usuário, através de seu avatar, apresentar diferentes representações (sinais) para interação entre os pares. Segundo Jin (2012), o simbolismo das ações do avatar depende de três dimensões: a social, a moral e de competências. Como meio de interação, os **MV** são ambientes sociais em que o usuário pode ou não apresentar um comportamento moral e ainda demonstrar habilidades técnicas ou suprimir seu conhecimento e competências devido

à experiência de imersão no **MV**. É importante notar que, embora seja um **MV**, este ambiente lida com expressões humanas reais de sentimentos, emoções e ideias (HUGHES, 2012).

A conversa por meio da voz em ambientes virtuais é similar a uma conversa via telefone, embora seja possível nos **MV** visualizar o avatar com o qual se fala, mesmo que ele não exiba necessariamente uma interação não-verbal. Em reuniões colaborativas com um grande número de envolvidos é possível que uma voz se sobreponha as demais, portanto não considerando as ações subsequentes e até mesmo caóticas de troca de turno necessárias ao desenvolvimento do conhecimento, conforme Sistemas como o software Second Life oferecem alguns controles gestuais básicos que favorecem os usuários na compreensão em tarefas colaborativas, como explica Andreas *et al.* (2010). Nesse **MV**, as ações gestuais presentes nos comandos do avatar e também de informação gráfica podem auxiliar na construção da informação (Quadro 6).

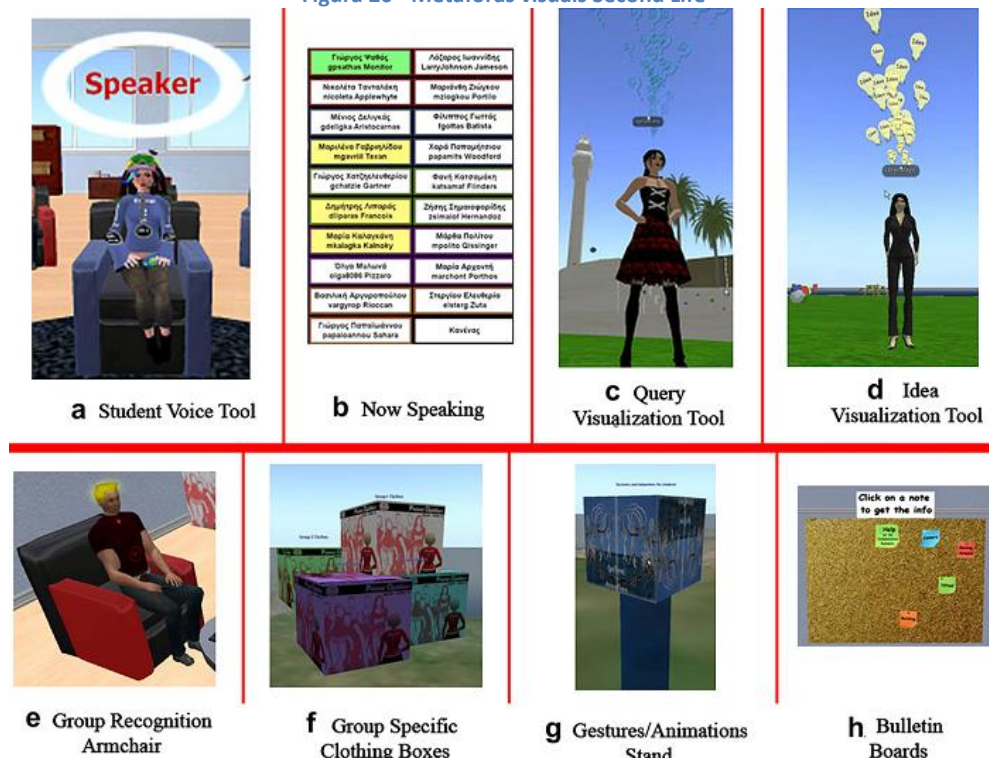
Quadro 6 - Ações básicas gestuais do Second Life

Estado de ação	Descrição
Levantar mão	O avatar levanta a mão, solicitando permissão para falar.
Encorajar	O avatar mostra animação para encorajamento.
Mostrar avatar	O avatar aponta para outra pessoa
Mostra persona	O avatar aponta para si mesmo
Bater palmas	O avatar bate palmas
Duvidar	A expressão facial do avatar demonstra dúvida
Concordar	O avatar balança a cabeça para cima e para baixo.
Discordar	O avatar balança a cabeça da esquerda para direita.
Ignorar	O avatar balança a cabeça da esquerda para direita e chacoalha

Fonte: Adaptado de Andreas *et al.* (2010)

Como apresentado por Jurnet e Maldonado (2010) a experimentação de uso dos avatares se relaciona com três dimensões principais do homem: visão, audição e cinestesia. Para auxílio à percepção, também são apresentadas algumas metáforas visuais no software Second Life, que são apresentadas por Andreas *et al.* (2010). Estas representações têm como objetivo tornar tangíveis referências sociais como grupo, interlocutores e também referências inerentes à comunicação como, por exemplo, perguntas, dúvidas ou ideias, como forma de ilustrar o comportamento do usuário (Figura 20).

Figura 20 - Metáforas visuais Second Life



Fonte: Andreas *et al.* (2010, p. 610)

A figura ilustra respectivamente: (a) instrumento de voz do estudante; (b) falando agora; (c) ferramenta de visualização de dúvida; (d) ferramenta de visualização de ideia; (e) braço de cadeira indicador de grupo; (f) vestuários específico de grupo; (g) mostrador de gestos/animação; (h) quadro de avisos. Cabe observar que a troca de modalidade de uma conversa face-a-face para uma conversação imersiva entre avatares em um **AVC** pode levar os usuários a perceber uma discrepância entre o usuário real e o virtual, como explica Jin (2012). O autor aponta que esta discrepância pode influenciar negativamente o processo de interação social. Neste sentido a interação constante e os objetivos compartilhados entre usuários pode criar um reconhecimento maior entre os envolvidos no processo colaborativo.

4.3.2. Agentes Virtuais e Inteligência Artificial

Vogele e Bente (2010) esclarecem que a simulação de agentes com inteligência artificial agregando funções cognitivas, sensoriais e biológicas é um dos temas tratados frequentemente em cibernética, bio-robótica e ambientes virtuais, constituindo um desafio teórico e prático. Ao contrário dos avatares que são controlados pelos usuários, os agentes virtuais dependem da inteligência do sistema para promover interações mais efetivas. Os agentes virtuais têm avançado através gráficos mais realistas e também práticas de comportamento (inteligência-artificial) com maior semelhança ao natural. Esta capacidade de assemelhar-se ao real tem tornado a interação entre atores e agentes mais fluídas nos **AV**

(REHM, 2008). Vogeley e Bente (2010), apontam que a inserção de personagens virtuais realistas nos AV pode colaborar na imersão do usuário nos sistemas. Além disso os autores apontam que também pode contribuir na interação entre usuários através de processos de comunicação mediados pelos agentes virtuais.

Segundo Guadagno *et al.* (2011), quanto maior a percepção de empatia do agente virtual com o usuário, maior será a confiança depositada na relação interativa e a sensação de presença no **MV**. De acordo com a pesquisa de Vogeley e Bente (2010, p. 1078 tradução nossa) “a intenção de criar entidades sociais artificiais convincentes parece guardar certa fascinação para os homens, e é de fato mais antiga que a psicologia, ciência da computação e a neurociência cognitiva.” Os autores afirmam ainda que os agentes digitais podem ser construídos com uma base criteriosa de interações a ponto de não se distinguirem de outros usuários do ambiente virtual.

Na interação com agentes, Rehm (2008) conclui que três reações ou formas de interação podem ser listadas: aceitar, que trata do comportamento do usuário a interagir com o agente nas ações verbais ou não-verbais de forma similar a um usuário humano; interpretar, que descreve situações aonde os usuários tentam compreender o comportamento do agente; e ignorar quando o usuário considera o agente um objeto terciário sem maior importância para o contexto. Observa-se que estas interações se aproximam do modelo de negociação (Figura 5, p. 42) abordado anteriormente que consta no trabalho de Jin *et al.* (2007), recorrendo a uma forma humana de lidar com as informações dispostas pelo sistema.

De acordo com Vogeley e Bente (2010) os avatares e os agentes de inteligência artificial têm sido implantados agregando capacidades e comportamentos referentes às funções e dimensões não-verbais, viabilizando uma melhor compreensão das interações em **AV**. No trabalho Baylor e Kim (2009), que avalia o uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de aprendizagem, fica evidente que, no contexto daquela pesquisa, a presença de expressões faciais facilitou o aprendizado atitudinal quando não vinculadas ao gestual. Os gestos permitiram uma melhor compreensão do conteúdo processual. Os autores discorrem que o uso de expressões faciais em conjunto com gestos dêiticos pode sobrecarregar o observador reduzindo parte da percepção cognitiva do conteúdo informacional.

4.4. ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO

No mundo real o ser humano, ao se relacionar, utiliza-se do corpo e dos recursos a sua volta para comunicar e trocar informações fazendo-se perceber em sentido e intenções. Já, no mundo virtual, a maneira como se desenrola a interação é mais complexa por se tratar de

dinâmicas mediadas por hardwares e softwares. Embora, o alcance da comunicação apoiada pela tecnologia seja global, as possíveis perdas de significado através do meio ainda devem ser melhor compreendidas. No que se refere aos canais de comunicação em ambientes virtuais, os processos verbais podem ser auxiliados por multimídias como vídeo, som e ainda com auxílio de texto e imagem. Por outro lado, as práticas de comunicação não-verbal demandam diferentes processos cognitivos para o processamento de informação e por vezes, também do desenvolvimento de recursos específicos para atuar como hipérbole de significados.

Quanto à abordagem colaborativa em ambientes virtuais, a percepção parece caminhar em conjunto com outras questões como, por exemplo, fatores culturais. Portanto, deve-se em primeiro momento compreender quem é o usuário do sistema proposto e qual tipo de trabalho se dispõe a executar. Neste sentido, os canais de interação do usuário com o sistema devem ser pensados já objetivando os tipos de interação e comunicação que serão contemplados no sistema hipermídia. Canais de comunicação, não contemplados de forma adequada no sistema virtual, podem criar barreiras perceptivas aos usuários ou até mesmo informações contraditórias, ambíguas ou perdidas entre os processos de troca. Sobre o aspecto colaborativo, parece necessário que nos ambientes virtuais os envolvidos estejam motivados a atuar em conjunto. Desta forma, o interesse em colaborar deve ser monitorado, já que podem ocorrer discrepâncias sensíveis entre a interação de usuários em comunicações mediadas pelo computador, se comparadas às ações face-a-face. As diferenças no modo de reação e interação entre o mundo real e virtual podem criar barreiras ao desenvolvimento colaborativo por uma falta de entrosamento de parceiros virtuais no mundo real e, ainda, de parceiros reais no mundo virtual. Nesta direção, deve-se observar a maneira de se apresentar canais de comunicação para favorecer a percepção entre os envolvidos, de forma a criar uma integração social com foco na colaboração.

Foi observado, sobretudo, que os processos sociais de comunicação e dos mecanismos mentais em ambientes virtuais, embora constitua alvo de pesquisas relevantes, ainda é um assunto pouco esclarecido. Portanto, é possível considerar o avanço de tecnologias como um fator positivo para o incremento na capacidade de interação. Isso poderá se dar através de canais de comunicação verbais e não-verbais que, de modo combinado, poderão viabilizar uma interação mediada pela tecnologia com capacidades iguais ou até superiores as interações em ambientes reais.

5. Capítulo 5 | HÁPTICA

A percepção tátil na vida humana tem relevância que nem sempre é reconhecida. A capacidade de compreender um objeto através do toque permite atividades diárias como procurar um item em um bolso e atividades complexas como tocar instrumentos musicais. O toque aproxima as pessoas de objetos, outros seres e também do ambiente ao qual está inserida, **ISO 9241-920** (2009). Uma das principais partes do corpo de uso da percepção tátil é a mão que possibilita desde atividades motoras finas de máxima destreza a atividades que exigem uma grande demanda de força. Todo o tecido de revestimento do corpo possui receptores táteis, mas a boca e o nariz possuem uma alta sensibilidade que equivale ao que percebemos na ponta dos dedos.

Nos sistemas computacionais, a interação através da modalidade tátil e háptica têm ganho um lugar de destaque com novas experiências de interação em ambientes computacionais e tecnologias assistivas. Para Schaf *et al.* (2009), o retorno tátil possibilita a percepção verdadeira de força, vibrações e cinestesia. Os espaços compartilhados que contemplam a interface háptica podem reduzir a lacuna entre a realidade e os objetos virtuais permitindo o contato e interação com diversos elementos virtuais de forma similar ao mundo real, segundo Schaf *et al.* (2009) e Myrghiotti *et al.* (2013).

Embora a maioria dos estudos não discrimine o tátil e o háptico, as normas **ISO 9241-910** (2011) e **ISO 9241-920** (2009) definem que o háptico se refere somente a estimulação mecânica tátil da pele, e dentro desta definição a sensação do toque háptico se relaciona de uma forma mais específica com o usuário recebendo repostas através da interface de um hardware. Na informática as aplicações hápticas ainda possuem um uso e desenvolvimento relativamente limitado em comparação a interações visuais e sonoras. De acordo com Ha *et al.* (2009) e Simard e Ammi (2012) os dispositivos hápticos demandam um grande desenvolvimento tecnológico até poderem desempenhar completamente o sentido háptico. O háptico é utilizado para confirmar uma informação no cenário virtual, em similaridade ao que conhecemos no cenário real e compreendemos cognitivamente frente ao objeto analisado (MYRGIOTI *et al.* 2013).

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA HÁPTICA

É possível identificar o uso de dispositivos hápticos em sistemas de entretenimento como jogos Kosmadoudi *et al.* (2013), aprendizagem à distância Antle e Wise (2013) e de trabalho remoto. Estes sistemas utilizam hardwares que produzem respostas motoras do sistema que

são interceptadas pelo usuário e compreendidas como informação. As normas **ISO 9241-910** (2011) e **ISO 9241-920** (2009) definem a interação através da háptica como sendo a atividade sensorial/motora da pele, músculos, juntas e tendões. O trabalho de O'Malley e Gupta (2008) definem a percepção háptica como o processo de aquisição, interpretação, seleção e organização de informação sensorial tátil. Para os autores este processo é composto de **percepção tátil**, referindo-se as sensações percebidas pelos receptores da pele; **cinestésica**, que compreende o sentido da força em músculos e tendões e **propriocepção**, compreende o posicionamento do corpo quanto a si mesmo e permite o controle dos membros e articulações.

Segundo O'Malley e Gupta (2008) a háptica se relaciona ao tato em dois sentidos, do toque cutâneo e da cinestesia do toque. A referência cutânea aborda as sensações referentes a características superficiais e é transmitida pela pele. O sentimento do toque é baseado nos receptores da pele utilizados para perceber o toque, que respondem a processos de estimulação mecânica e a alterações térmicas. As referências cinestésicas são compreendidas através de entradas e saídas baseadas na atividade motora e a percepção das atividades dos músculos, tendões e juntas que permitem interpretar a relação espacial dos membros quanto ao ambiente e a nós mesmos, **ISO 9241-910** (2011) e O'Malley e Gupta (2008). A cinestesia promove a sensação de energia, movimento, posição, deslocamento e ângulo de articulação. Entre as atividades cinestésicas se incluem o torque, deslocamento, o exercício e o alcance de posições, Myrgioti *et al.* (2013) e **ISO 9241-920** (2009). Segundo a **ISO 9241-910** (2011), quando aplicada uma força perpendicular ao objeto, o sistema háptico pode favorecer as seguintes modalidades de percepção: rigidez, dureza e elasticidade.

5.1.1. Uso de interações hápticas e táteis

Os dispositivos hápticos podem ser utilizados em diferentes situações e tarefas. Em algumas tarefas os dispositivos atuam em paralelo com outras ferramentas multimodais, enquanto em atividades em que o retorno háptico é crucial pode-se optar por modelos específicos de sistemas e dispositivos hápticos para uma adequação maior a atividade, **ISO 9241-910** (2011). Nos dispositivos móveis como celulares e tablets o retorno háptico ocorre através de motores que vibram o dispositivo indicando notificações, e também sinalizando o correto uso de teclas e acionamentos demonstrados na tela do aparelho (DAGMAN *et al.* 2010). Segundo Lee *et al.* (2010) e O'Malley e Gupta (2008) como alguns destes dispositivos são equipados com sensores capazes de detectar movimentos e também o posicionamento, o retorno háptico pode indicar outras funções como desvio de rota, aceleração ou até mesmo ser utilizado como controle remoto de outros equipamentos.

De acordo com Benali-Khoudja *et al.* (2007) e **ISO 9241-920** (2009) o retorno háptico pode ser utilizado como uma modalidade assistencial que atua como alternativa para outros canais de comunicação. Para pessoas com déficit de visão o retorno háptico pode auxiliar o usuário na identificação de campos e ações do sistema. Ferramentas, como em Benali-Khoudja *et al.* (2007) buscam durante a navegação do usuário em ambientes textuais a geração automática de caracteres em Braille, facilitando assim o acesso à informação de pessoas privadas do canal visual. Os dispositivos hápticos, segundo os autores, podem ainda oferecer informações gráficas através do retorno tátil indicando características como linhas e superfícies.

Através do controle remoto de equipamentos robóticos os dispositivos hápticos permitem diversas atividades sejam executadas de forma mais segura e confiável. Como exemplo, os dispositivos para desarmamento de bombas podem prover o retorno háptico remotamente para o manuseio dos artefatos sem risco ao operador, **ISO 9241-910** (2011). Braços robóticos também podem ser utilizados em cirurgias remotas, ou mesmo em cirurgias minimamente invasivas atuando como intervenção através de pequenas entradas no corpo do paciente, Nee *et al.* (2012) e Thomas (2009).

Nos consoles, segundo Kosmadoudi *et al.* (2013) o retorno háptico atua em conjunto com imagem, som e dispositivos de trajetória para aumentar o grau de imersão no universo proposto. A resposta ao usuário é exercida principalmente pela vibração embora existam dispositivos de controle que também atuam com força. As respostas destes dispositivos depende principalmente do grau de fidelidade desenvolvido para cada jogo e ferramenta de suporte. Neste contexto, os controladores hápticos são utilizados para simulação de comandos como a direção de veículos ou manches de aviões.

Atividades hápticas colaborativas também têm sido desenvolvidas para promover ações conjuntas em ambientes computacionais. Estudos, como de Kucukyilmaz *et al.* (2013) e Yuill e Rogers (2012) concluem que é possível exercer uma atividade em conjunto através da rede de computadores. Para os pesquisadores este desenvolvimento é limitado apenas pela tecnologia dos dispositivos hápticos e a capacidade de tráfego de dados para permitir ações instantâneas em todos os nós de recepção.

Simuladores avançados são utilizados para os mais diferentes treinamentos como em operações para pilotos de aeronaves, ao exercício do controle de plataformas de petróleo ou de barcos, e também astronautas em treinamento (como em Osterlund e Lawrence, 2012), utilizam dispositivos hápticos para aumentar a percepção e eficácia do ambiente ao qual se insere sua atividade, **ISO 9241-910** (2011). Os simuladores neste tipo de atividade podem utilizar de referenciais hápticos como força, aceleração, vibração e outros efeitos para

produzir a sensação tátil mais aproximada da real (MYRGIOTI *et al.* 2013). A interação multimodal se faz presente nestes simuladores contribuindo para a ação de dois ou mais usuários no cenário virtual, de acordo com Peer e Giachritsis (2012).

Para Bourdot *et al.* (2010) a háptica poderá viabilizar sistemas CAD com um uso mais preciso e eficiente decorrente da integração de gestos e da percepção sensorial do toque. Os autores sugerem que a combinação de parâmetros de uso háptico e comandos multimodais podem ser o caminho ótimo para os sistemas virtuais de desenvolvimento. Em paralelo ao universo técnico do háptico, algumas modalidades de entretenimento como o cinema, podem se valer de dispositivos como cadeiras hápticas para promover um grau de imersão maior ao que é mostrado na tela. Existem também ambientes destinados a experiências mais complexas que utilizam de elementos artificiais como chuva, fogo, fumaça e vento para promover uma máxima imersão no cenário virtual.

5.1.2. Percepção háptica e sistemas multimodais

A percepção tátil tem muito em comum com o senso da visão. Através do toque é possível identificar objetos dentro do campo de alcance dos braços, encontrar os cantos, o formato e o tamanho dos objetos quando não muito grandes para exploração apenas com o tato, O'Malley e Gupta (2008). De acordo com a **ISO 9241-910** (2011) a percepção tátil/háptica pode ser considerada demorada em relação ao senso da visão e por vezes não consegue efetuar a tarefa designada. Por exemplo, através do tato não conseguimos perceber um cenário tridimensional, além do que está ao alcance, e tratando de representações puramente bidimensionais é impossível reconhecer cores ou mesmo contornos através do tato sem um referencial de significados. Entretanto a norma reforça que para outras atividades o tato é superior à visão como sentir o peso e a dureza de um material, como também a temperatura, contemplando ainda valores que podem ser percebidos pela visão apenas com um referencial como as atitudes de outra pessoa ao lidar com o objeto.

Em seu estudo, Dagman *et al.* (2010) apontaram que na exploração háptica o usuário consegue aferir um maior número de adjetivos ao produto em análise em comparação a mesma análise apenas sobre o canal visual. Isto sugere que a aquisição de informação através do canal háptico pode prover a identificação de características específicas do objeto enquanto a visualização proporciona a identificação instantânea e suposições das propriedades do objeto baseadas através da cognição e conhecimento prévio. Os autores também identificaram que existe um refinamento maior na caracterização do objeto através da visualização apenas, que através somente da háptica, principalmente na definição de acabamentos superficiais. Simard e Ammi (2012), classificam a percepção háptica em dois

grandes grupos: retorno do ambiente que resulta de interações com o ambiente e seus artefatos objetos e usuários; retorno através do ambiente que aborda todas as trocas relativas a atividades, ações ou estados exteriorizados de forma indireta através do ambiente.

As diferenças entre a percepção visual e a percepção háptica torna arriscado simplesmente reproduzir cópias de objetos visuais para exibi-los de forma tátil, **ISO 9241-910** (2011). Essa cópia seria bem sucedida nos casos mais simples, no entanto, em casos mais complexos os problemas ocorrem com frequência. É importante que a criação de cenas hápticas envolva a consideração das suas propriedades do ponto de vista tátil, Rahimian e Ibrahim (2011). De acordo com Lee *et al.* (2010), enquanto a visão e audição são canais muitas vezes diretos entre transmissor e receptor, a háptica solicita ao usuário o uso de dispositivos para intermediar a informação. Este deslocamento na informação prejudica a atividade de reconhecimento da forma como também de direcionamento do objeto, sendo facilitador na percepção háptica atuar com canais visual e háptico de forma co-localizada, como exemplo através de dispositivos HMD.

Conforme Ha *et al.* (2009), a interface multimodal em sistemas de desenvolvimento conferem uma experiência ao usuário muito mais rica e próxima das relações multissensoriais do mundo real. A interação da háptica com interfaces de usuário tangíveis multimodais é discutida no estudo de Antle e Wise (2013), para os autores a carga cognitiva para compreensão da háptica vinculada ao processamento visual, não parece prover benefícios no uso das qualidades táteis em interfaces tangíveis. Entretanto, os autores apontam que uma perspectiva com foco na cognição sugere que toda a informação não é equivalente e que representar as informações de forma háptica ou tátil pode desencadear processos cognitivos distintos resultando em uma qualidade diferenciada de entendimento.

Segundo Antle e Wise (2013) é possível reduzir a carga cognitiva necessária para aquisição da informação tátil ao se vincular a háptica junto ao discurso vocal. No entanto, a informação visual para identificação dos elementos em ambientes virtuais poderia estar vinculada diretamente a sensação háptica e competir pela carga cognitiva. Os autores sugerem que em sistemas que contemplam a háptica é importante trazer informações em canais não visuais, como o auditivo para não sobrecarregar o canal cognitivo da háptica que seria compartilhado com a visão. Em contraponto Lee *et al.* (2010) sugerem que combinar as modalidades háptica e visual pode enriquecer a percepção de uma cena. Com o olhar é feita uma visão geral do ambiente e a identificação de objetos. Com o toque são identificadas propriedades do objeto como massa, ductilidade e dureza.

Para Myrghiotti *et al.* (2013), o desenvolvimento de hardwares e softwares voltados a háptica dependem de um conhecimento profundo da fisiologia da pele e como as informações adquiridas através do tato podem contribuir nas práticas de modelagem e na relação perceptiva do usuário frente aos objetos virtuais. Uma representação visual eficaz de uma cena não dá a garantia de que a mesma cena pode ser reproduzida com sucesso em sentido tátil, **ISO 9241-920** (2009).

5.1.3. Dificuldades na percepção háptica

Segundo Kim e Maher (2008), existem situações em que um contato tátil com um objeto gera uma identificação imediata como se fosse uma olhada rápida no ambiente, isto ocorre especialmente se a pessoa já tem algumas premissas do que pode ser o objeto. A percepção geométrica de objetos e também das características físicas de materiais é realizada usualmente através do tamanho e forma. Na percepção tátil real pode-se explorar o produto sentindo textura e contornos assim como outros valores ao mesmo tempo. Na percepção háptica esta investigação do objeto é menos eficiente que no mundo real, pois depende de hardwares e tecnologias complexas para sua execução. Sob condições complexas a identificação através da percepção háptica tende a ser um processo laborioso e consumir muito tempo, **ISO 9241-920** (2009). Uma razão chave para a percepção háptica ser mais trabalhosa em grande parte se deve a característica de dispositivos hápticos com apenas um ponto de contato.

Enquanto a percepção tátil e a visão caminham juntas no mundo real ao tratar da percepção háptica em ambientes computacionais muitas vezes ocorre um deslocamento entre o que é visto e o hardware aonde é produzida a função háptica (TURKIYYAH *et al.* 2011). Segundo Lee *et al.* (2010) até mesmo o sentimento humano provoca alterações na forma de como a háptica é percebida. Desta forma, os autores apontam que é difícil identificar precisamente o grau correto de retorno dos dispositivos hápticos para provocar a percepção cognitiva adequada. Para Gosselin *et al.* (2013) um dos grandes problemas a serem superados na háptica refere-se à estabilidade do sistema para grandes demandas de processamento, principalmente em atualizações da informação para mais de um usuário. Em teste a um sistema de tutorio cirúrgico foi indicado que atrasos na reposta do sistema podem provocar o desalinhamento de informações entre usuários.

Segundo Bourdot *et al.* (2010) e Chang *et al.* (2010) a facilitação da percepção háptica, se relaciona a resolução do sistemas e posicionamento dos objetos que devem distribuídos em espaços individuais ou separados a ponto de se fazer a distinção entre um e outro. O'Malley e Gupta (2008) avançam neste discurso e indicam que em ambientes reais o estímulo tátil

ocorre sempre que um corpo exerce contato ou pressão sobre o outro. Nos cenários virtuais a resposta háptica pode contemplar outros níveis de informação como a seleção de um item, evasão do campo de trabalho, falha no sistema ou dispositivo. Desta forma é necessário orientar o usuário através de graus de retorno que podem ser configurados em forma binária, como vibração ativa ou não, e também moduladas em características como frequência, amplitude, tempo, força e movimento (SIMARD e AMMI, 2012).

Dentre algumas questões que podem acometer os sistemas hápticos a norma **ISO 9241-920** (2009) destaca: a ilusão perceptiva, aonde o posicionamento percebido a fonte não corresponde com a medição da fonte de irradiação; adaptabilidade sensorial, quando submetidos a um estímulo constante a percepção do mesmo tende a deteriorar; sobreposição espacial, um estímulo próximo ao alvo pode distrair o usuário; sobreposição de tempo, estímulos consecutivos podem deteriorar a percepção individual dos mesmos. Estes pontos também são discutidos no trabalho de Simard e Ammi (2012) que trata do deslocamento perceptivo do objeto e interceptor.

Ao abordar a distância do usuário dos ambientes virtuais, Simard e Ammi (2012) discutem que a interação com objetos sugere uma superposição entre o gesto e o retorno visual. Entretanto nas tecnologias de realidade virtual existe uma distância entre usuário e os objetos manipulados que pode limitar ou inibir diferentes mecanismos da percepção. Esta percepção se vincula diretamente a qualidade da imersão no ambiente e os canais comunicacionais. Para Antle e Wise (2013) a háptica promove uma informação não vinculada necessariamente à eficiência do sistema, mas sim, a qualidade em que a informação é compreendida.

5.1.4. Atributos dos objetos

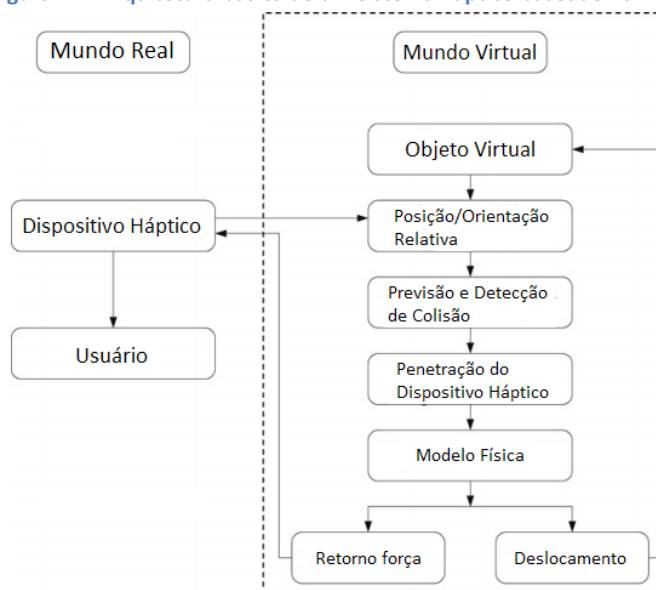
Conforme apontado por Ha *et al.* (2009) os dispositivos de entrada com interface háptica apresentam informações mais detalhadas que dispositivos de entrada típicos como teclado e mouse, na medida em que podem aferir diferentes atributos da informações física, tais como força, tato, umidade e temperatura em comunicação bidirecional usuário computador. O desenvolvimento de artefatos e ambientes compatíveis com os dispositivos de retorno hápticos solicitam uma série de informações para corresponder corretamente aos efeitos táteis desejados.

As normas **ISO 9241-920** (2009) e **ISO 9241-910** (2011) apontam as telas, através do retorno de vibração usualmente oferecido em celulares e tablets, como dispositivos com uma relação tátil com o usuário. Segundo as normas o retorno propriamente háptico depende de dispositivos mais complexos que possam exercer uma gama maior de referências e com maior

capacidade potencial. Este tipo de relação pode ser observado em equipamentos destinados a simulação de cirurgias, como em Mazzoli *et al.* (2009), para manuseio assistido de equipamentos de grande porte e ambientes virtuais de desenvolvimento.

O trabalho de Pungotra *et al.* (2008) propõe que a relação do objeto virtual com o dispositivo háptico tenha base em atributos físicos do mundo real. Os autores sugerem um sistema básico para correlação entre o mundo real e virtual através de uma arquitetura de interação (Figura 21).

Figura 21 - Arquitetura básica de um sistema háptico baseado na física



Fonte: Adaptado de Pungotra *et al.* (2008, p. 1056, tradução nossa)

Na arquitetura de Pungotra *et al.* (2008) observa-se que o modelo da física aplicada ao sistema é que permite a resposta adequada do dispositivo frente ao usuário no mundo real e também para as respostas do sistema no mundo virtual. Os autores apontam que as propriedades do material assim como as referências físicas do mundo real tem que ser compreendidas para uma correta disposição de informação nos bancos de dados de sistemas com retorno háptico. Nesta direção, as normas **ISO 9241-920** (2009) e **ISO 9241-910** (2011) apresentam alguns atributos dos objetos que podem ser utilizados como base para construção do modelo de física aplicada nos sistemas com retorno háptico (Quadro 7).

Quadro 7 - Atributos dos Objetos

<p>a) Propriedades materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> [1] dureza; [2] viscosidade; [3] elasticidade; [4] massa / peso; [5] inércia; [6] condutividade térmica. <p>b) Propriedades superficiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> [1] textura; [2] rugosidade; [3] atrito; [4] temperatura. 	<p>c) Propriedades geométricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> [1] tamanho; [2] forma; [3] localização no ambiente; [4] orientação dentro do ambiente; [5] padrão espacial; [6] amplitude grade espacial; [7] frequência grade espacial. <p>d) propriedades temporais:</p> <ul style="list-style-type: none"> [1] padrão tempo; [2] amplitude do tempo de vibração; [3] frequência de vibração.
---	---

Fonte: Adaptado de ISO 9241-920 (2009) e ISO 9241-910 (2011)

As normas **ISO 9241-920** (2009) e **ISO 9241-910** (2011) indicam que estas dimensões tratam da codificação de informação para interação nos sistemas hápticos e não representam necessariamente a simulação de percepções reais. Esta consideração fica evidenciada ao trabalhar com elementos que extrapolam a dimensão tátil real, como objetos de grandes proporções, como exemplificado em Chen *et al.* (2008) ou microestruturas, abordadas no trabalho de Gosselin *et al.* (2013). Nestes cenários a percepção háptica poderá prover uma relação aumentada ou reduzida para o controle eficaz do usuário sobre os objetos virtualizados.

Para Simard e Ammi (2012), os estímulos devem atender a quatro características: diferenciação, que trata da identificação individual do estímulo; identificação que os autores relacionam a capacidade de identificar o significado do estímulo; aprendizagem, o sistema deve oferecer um processo cognitivo facilitado; reatividade, o estímulo deve favorecer a resposta sem a necessidade de uma alta carga cognitiva.

Os efeitos funcionais descritos nas normas **ISO 9241-910** (2011) e **ISO 9241-920** (2009), abrangem: vetores de força; campos de força; efeito de mola; efeito de amortecimento; efeito de massa e temperatura. Existem também efeitos descritos como dependentes do tempo que podem contemplar variações ao longo do tempo e relações de agendamento de permutações. Para que o usuário tenha a resposta das características dos objetos e cenários desenvolvidos os dispositivos hápticos podem atuar de forma uni ou bidirecional. Para efeitos de configuração dos sistemas os efeitos hápticos podem ser ativados ou desativados individualmente.

5.1.5. Tarefas de Interação

Observa-se que as tarefas podem exigir formas diferentes de interações. Os usuários podem utilizar uma ou mais funções elementares durante uma tarefa que é ativada pelo dispositivo háptico e programa de controle. De acordo com a **ISO 9241-910** (2011), existem três tipos principais de tarefas de interação: navegação, seleção e manipulação. Entretanto a norma aponta que durante toda a atividade o usuário deve ter acesso as seguintes funções: pesquisa, obter uma visão geral, navegar, efetuar marcações, efetuar seleções e operações. Os itens destacados na sequencia orientam, conforme **ISO 9241-920** (2009) e **ISO 9241-910** (2011), quanto as principais tarefas de interação:

- Pesquisa - com uma função de localizar

O sistema deve permitir que o usuário localize um objeto ou parte de objeto específica para obter informações ou efetuar operações. Respostas hápticas poderão indicar o objeto pesquisado identificando sua posição.

- Visão geral

O sistema deve localizar o usuário dentro do cenário e em referência ao objeto permitindo uma visão geral do arranjo e relações dos objetos.

- Navegação

O usuário possui graus de liberdade para navegar no ambiente através dos dispositivos hápticos ou combinado a outros dispositivos de entrada. As tarefas de navegação incluem: explorar a estrutura do ambiente; explorar o objeto; segmentação - ir diretamente para o alvo; zoom - mudar escala de espaço; reorientação - mudança de coordenadas de espaço.

- Efetuar marcações

O usuário poderá através dos dispositivos de entrada de sinalizar um objeto ou pedaços de informação para que possam ser facilmente identificadas e detectadas.

- Efetuar seleções

Através do dispositivo háptico o usuário pode selecionar funções ou objetos. As seleções devem ser claras para identificação de quais funcionalidades estão sendo acessadas, eliminando possíveis ambiguidades de retorno háptico. As tarefas de seleção incluem: seleção

de objeto; seleção de grupo (para um grupo definido); seleção de espaço/área (definido pelo usuário porção do espaço total); seleção de propriedade do sistema.

- Operações

Os dispositivos hápticos devem possibilitar acesso a diferentes modalidades de operação como manipulação e configurações do sistema. As tarefas de manipulação contemplam, mas não se restringem a: ativação de função; criação e exclusão; obter / incluir informações; zoom; realinhamento; mover; redimensionar.

Para Dagman *et al.* (2010), o ato de experimentar e reconhecer os produtos através do toque, identificando peso, formato, textura e dureza; caracteriza a importância de integralizar o toque sistematicamente no processo de desenvolvimento de produtos. Segundo Pungotra *et al.* (2008), as configurações do sistema podem auxiliar a determinar e calibrar os dispositivos para respostas mais adequadas do sistema háptico. Para tanto, os autores apontam que o sistema deve possuir um modelo de deformação baseado na física para cálculo e adequação das forças reativas ao usuário, frente à tarefa proposta.

O trabalho de Bourdot *et al.* (2010) aponta alguns métodos de interação que constituem em adequar o sistema a determinados tipos de tarefas. O método de base referencial utiliza o conceito de referência geométrica. Este método consiste na capacidade de explorar as propriedades dos objetos (perfis, direções, dimensões, plano de corte, ângulos) existentes na cena, para criar ou modificar o objeto ativo. O método de paradigma da grade háptica destina-se a distribuição de elementos de atração no espaço virtual para guiar junto ao olhar o movimento relativo do dispositivo háptico. Estes e outros métodos são alvo de estudo dos autores para tentar definir melhores abordagens as tarefas de interação. As conclusões iniciais apontam para sistemas inteligentes que consigam equalizar as diferentes propostas frente as tarefas executadas pelos usuários.

5.1.6. Critérios de seleção do dispositivo háptico

Segundo Van Der Linde e Lammertse (2003) apud Bartenbach *et al.* (2013), a qualidade de um dispositivo háptico não pode ser completamente descrita pelos seus indicadores de desempenho ou especificações técnicas. A opção por um modelo de dispositivo háptico pode levar em considerações fatores inerentes à atividade como mobilidade e desempenho, e também fatores externos como custo e acesso tecnológico.

Observa-se que a adequação da interface ao sistema depende intrinsecamente da aplicação para a qual se destina o uso do dispositivo, assim é necessário compreender não apenas as

capacidades do sistema e hardwares como também a necessidade de retorno do usuário para a informação apresentada. As normas **ISO 9241-920** (2009) e **ISO 9241-910** (2011) apresentam diferentes critérios para seleção do dispositivo háptico que podem ser observados no (Quadro 8):

Quadro 8 - Caracterização para seleção

Características do Dispositivo	Fatores do Ambiente de uso	Fatores Ergonômicos
a) Mobilidade [1] O dispositivo pode ser portátil [2] Vestível [3] Fixado a uma superfície [4] Simulador b) Interface com o usuário [1] Quantidade de pontos de contato [2] Posições de contato c) Graus de liberdade (DOF) d) Amplitude de movimento e) Rigidez Máxima f) Força e torque [1] Máxima força e torque contínuo [2] Mínima força e torque exibida [3] Resolução de força e torque [4] Amplitude dinâmica da força e torque [5] Resistência ao movimento espacial [6] Inércia [7] Aceleração máxima [8] Fricção g) Parâmetros temporais [1] Largura de banda [2] Latência do sistema [3] Latência do dispositivo	h) Ruído acústico i) Peso j) Tamanho k) Segurança [1] Mecânica [2] Elétrica [3] Térmica	l) Posição de uso m) Adaptabilidade [1] Modificações [2] Facilidade de controle [3] Instalação [4] Confiança [5] Manutenção [6] Fidelidade

Fonte: Adaptado de ISO 9241-920 (2009) e ISO 9241-910 (2011)

Esta visualização ampla de características possibilitada pelas normas facilita ao desenvolvedor optar por um dispositivo mais adequado a tarefa proposta. O trabalho de O'Malley e Gupta

(2008) traz algumas orientações que podem ser utilizadas como complemento para o desenvolvimento de sistemas hápticos com base na segurança e eficiência (Quadro 9).

Quadro 9 - Orientações para o desenvolvimento de sistemas hápticos

- Basear o desenho mecânico nas capacidades inerentes do operador humano.
- Considerar a sensibilidade humana para estímulos táteis.
- Utilizar posicionamentos de movimento ativo ao invés de passivo.
- Identificar a exibição mínima de força e rigidez para transferência de informação do ambiente virtual.
- Não exibir penetração do operador em objetos virtuais rígidos.
- Reduzir instabilidades e dificuldades de controle vinculadas a resposta do sistema
- Garantir a precisão do sensor de posição nas articulações distais
- Para dispositivo exoesqueleto, reduzir os pontos de fixação com a terra.
- Certifique-se de exibição realista de ambientes com dispositivos táteis.
- Manter os recursos táteis afixados em relação ao sistema de coordenadas do objeto.
- Maximizar o alcance de impedâncias realizáveis.
- Limitar o atrito para uso dos dispositivos hápticos.
- Evitar singularidades no espaço de trabalho
- Maximizar os pontos de contato dos dispositivos tangíveis.

Fonte: Adaptado de O'Malley e Gupta (2008)

Nesta mesma direção Chellali *et al.* (2011) oferece algumas orientações para o trabalho com sistemas hápticos que podem ser observadas como critério de seleção. Para os autores os sistemas hápticos devem permitir a troca de informação sobre as ações efetuadas por cada operador, incluindo relações de força e cinestesia. Os dispositivos hápticos devem se adequar a execução de tarefas manuais sem promover restrições. Os autores também apontam que os sistemas hápticos não devem ofuscar as trocas informacionais efetuadas através de outros canais multimodais.

5.1.7. Customizações dos sistemas hápticos

A interação háptica, de acordo com Benali-Khoudja *et al.* (2007), é percebida através de um sistema complexo de troca entre diferentes sinais físicos e a pele (como os já abordados pressão, temperatura, força, cinestesia) que ainda não foram totalmente compreendidos na aquisição cognitiva de informação. Desta forma, existe uma dificuldade em estabelecer critérios ou características técnicas precisas para combinar a informação percebida através da ilusão do toque, e sistemas para sobrepor as limitações inevitáveis provocadas pela tecnologia. Segundo as normas **ISO 9241-920** (2009) e **ISO 9241-910** (2011) os sistemas hápticos devem permitir alguns níveis de customização para o usuário que contemplam características de uso e de resposta do sistema, como:

- Os usuários poderão optar por diferentes modalidades de resposta do sistema quando não desejarem recorrer ao retorno háptico para obtenção da informação.

- O sistema não deve efetuar um retorno háptico que submeta o usuário a uma força não suportada.
- Os parâmetros hápticos poderão ser customizados para melhorar a adequação individualizada do sistema, reduzindo ou eliminando desconfortos, dor e possíveis lesões provocadas pelo sistema responsivo.
- As saídas do sistema háptico não devem interferir com dispositivos de segurança ou a capacidade do usuário interagir com o ambiente externo sempre que necessário ou desejável.
- Possíveis alterações térmicas dos dispositivos não devem infringir danos ao usuário ou afetar à percepção háptica durante o uso dos sistemas e dispositivos.

Para Sener e Wormald (2008) é necessário que a qualidade dos sistemas hápticos em ambientes de desenvolvimento melhore consideravelmente para permitir uma experiência de uso nos sistemas virtuais de desenvolvimento correspondente ao processo de desenvolvimento e modelagem no mundo real. Algumas das características tecnológicas que devem ser aprimoradas segundo os autores apontam para a possibilidade de utilizar controles discretos nas duas mãos, através de dispositivos vestíveis, executando tarefas diferenciadas e intercambiáveis. Os autores também salientam a importância de conseguir utilizar não apenas a pressão, mas sim, explorar sensações tácteis com os dedos e palma das mãos para efetuar análises ergonômicas, estéticas e de outras características da forma através da háptica.

5.2. HÁPTICA E COLABORAÇÃO

A manipulação remota através de dispositivos hápticos é motivada pela necessidade de uma percepção de aproximação do controle e objetos/usuários em processos colaborativos remotos. Takemura e Kishino (1992) apud Simard e Ammi (2012) foram um dos primeiros estudos a introduzir com sucesso o retorno háptico em tarefas de colaboração elementares. Entretanto, as limitações de comunicação em rede impediram os pesquisadores a aprofundar o estudo em longas distâncias. A colaboração remota através de dispositivos hápticos emerge questões como a indicação de pedido e a perda de controle, e também, da urgência dos pedidos de controle, de acordo com Simard e Ammi (2012).

Segundo Kenny *et al.* (2009) e Nee *et al.* (2012), os ambientes colaborativos buscam a imersão completa do usuário através de técnicas de exibição como tecnologias de projeção e os dispositivos de retorno háptico. Simard e Ammi (2012) apontam diferentes trocas comunicacionais que podem ocorrer em espaços colaborativos síncronos. Para os autores as interações podem ser classificadas como comunicação direta quando provêm informações

não intencionais, sendo esta explícita ou de retorno de canal. O retorno através do meio ocorre de forma implícita e indireta através do retorno percebido por usuários compartilhando o mesmo artefato quando um destes exerce uma ação sobre o mesmo, sendo assim um canal configurado pelas forças envolvidas na colaboração.

O trabalho de Kucukyilmaz *et al.* (2013) teve como objetivo facilitar a interação háptica entre humanos e sistemas colaborativos. Os autores identificaram que uma das formas de alcançar este objetivo era prover alterações dinâmicas no grau de controle de parceiros durante a execução de tarefas. No estudo é proposta uma dinâmica para troca de controle entre parceiros que deve ser sinalizada pelo sistema para garantir melhor eficiência no uso. Como apoio a colaboração estudos como de Chellali *et al.* (2011) apontam para sistemas virtuais em que existe uma relação mestre e escravo entre os dispositivos hápticos do orientador e do orientado na tarefa.

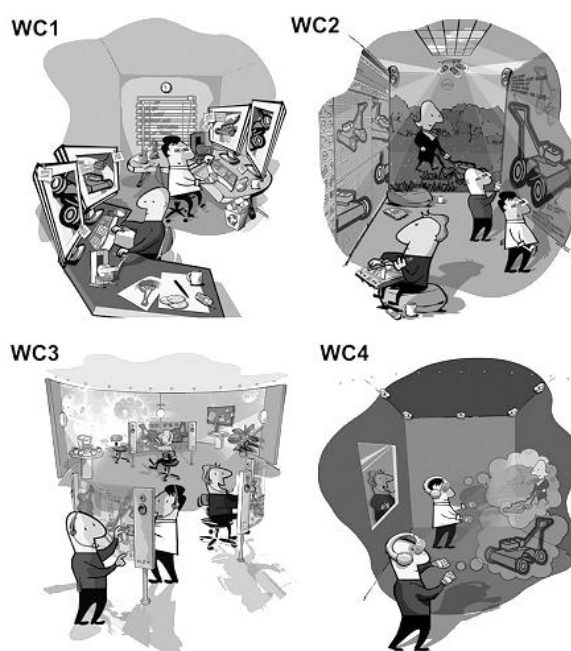
De acordo com Chellali *et al.* (2011), a troca de turno, ou seja, a troca de referência entre usuário escravo ou mestre em cada tarefa pode ser administrada pelo sistema através da força. Uma força maior que a exercida pode significar, segundo os autores, o chamamento do controle. Os autores concluem que os sistemas hápticos devem permitir a comunicação entre os atores, sem restringir a tarefa em execução e que a colaboração háptica não deve restringir outras formas de comunicação. Ainda seguindo o conceito de mestre e escravo Yuill e Rogers (2012) sugerem que sejam desenvolvidos sistemas para restrição do usuário que detém o controle frente aos usuários que acompanham a ação. Os autores apontam que ambientes de múltiplas entradas sem definição de uma entidade de controle podem criar resultados cognitivos complexos e não serem compreendidos pelos usuários.

Chan *et al.* (2008) apud Simard e Ammi (2012) sugerem a inclusão de elementos icônicos para indicar aos parceiros diferentes estados de controle háptico. Embora esta forma de informação permita um vasto campo de diálogo, depende de um grande passo de aprendizagem e também de uma alta carga cognitiva que não podem ser contemplados para usuários ocasionais deste sistema como usuários colaborados. No modelo de Kucukyilmaz *et al.* (2013) se assume que o usuário tem a intenção de controlar a ação ao aplicar uma força superior à exercida pelo sistema de apoio, ao mesmo tempo, ao reduzir esta força o sistema infere que deve retomar o controle da tarefa. Os autores concluem que ao aplicar a interface de dinâmica de controle háptico o auxílio de informações visuais (indicando se os usuários ou sistema possui o controle) foi importante para garantir ao usuário o estado de controle atual, e, embora represente uma carga cognitiva adicional, foi aceito como instrumento de sinalização adequado a tarefa.

Para Simard e Ammi (2012), ao observar diferentes estudos da háptica na comunicação foi possível verificar que comunicações como de força e posição podem ser efetuadas de forma simultânea sem prejuízo ao conteúdo. Segundo os autores o canal háptico ao ser utilizado em tarefas compartilhadas seria portador de mensagens sociais possuindo um papel estratégico na comunicação. Rahimian e Ibrahim (2011), observaram que enquanto a colaboração ocorria através de meios tradicionais incidia uma comunicação gestual e por fala, simultânea com um processo de desenvolvimento de um objeto futuro. Ao verificar o processo colaborativo apoiado pela háptica os autores identificaram uma redução na comunicação gestual e um trabalho sequencial com discussões de objetos já desenvolvidos.

O trabalho de Sener e Wormald (2008) prospecta alguns cenários (Figura 22) de atividade colaborativa que podem compor os setores de desenvolvimento de empresas atuais e futuras.

Figura 22- Cenários de trabalho colaborativo



Fonte: Sener e Wormald (2008, p.19)

Em WC1, Sener e Wormald (2008) sugerem um cenário contemporâneo com diversos monitores e ferramentas de entrada para uso do computador, incluindo dispositivos hápticos e óculos estereoscópicos. WC2 utiliza uma sala imersiva com projetores alternando entre projetos, um computador sem fio para controle e óculos de visão estereoscópica, também conta com uma luva de dados. No modelo WC3 os autores indicam telas inteligentes semitransparentes com capacidade háptica e multitoque permitindo o trabalho compartilhado local ou remoto. Em WC4 é apresentado um conceito de imersão em que o

usuário utiliza um óculos de realidade aumentada projetando o cenário de desenvolvimento em conjunto com luvas hápticas para interagir com o sistema.

De acordo Chellali *et al.* (2011) a interação colaborativa através da háptica ainda é incipiente, e solicita a compreensão de como as interações a distância influenciam a comunicação. Esta questão, segundo Schaf *et al.* (2009), tem sido pesquisada com maior persistência em sistemas robóticos de cirurgia à distância e também no auxílio de usuários distantes como astronautas em órbita. Para Kucukyilmaz *et al.* (2013) e Simard e Ammi (2012), a cooperação e/ou colaboração háptica de diferentes envolvidos em um espaço virtual compartilhado remoto, além de ser uma tarefa desafiadora, pode desempenhar um papel importante na preparação e formação futura dos usuários em ambientes de produção híbridos.

5.3. DISPOSTIVOS DE ENTRADA

Esta sessão contempla a revisão bibliográfica sistemática efetuada para este capítulo com exemplos de dispositivos hápticos e de imersão multimodais e complementa com dispositivos identificados durante pesquisa exploratória não estruturada efetuada através de meios diversos. Já em 1995, Pimentel (1995) *apud* Netto *et al.* (2009, p 17), apresentava os dispositivos de entrada para cenários virtuais em duas categorias: *dispositivos de interação* que permitem a movimentação, manipulação e uso de objetos virtuais e *dispositivos de trajetória* que identificam o percurso do corpo como também do olhar, apresentando respostas do sistema para imersão do usuário no contexto virtualizado.

Observa-se que os dispositivos de interação apresentam como propriedade principal a entrada de dados no sistema. Os dados após processamento são apresentados como ações no contexto virtual ou ainda provocam respostas hápticas do sistema ao usuário. Os dispositivos de trajetória buscam a identificação da relação espacial do usuário com o sistema e a resposta do sistema para a entrada de dados que pode ser apresentada como atualização da informação visual ou posicionamento do usuário no cenário e não denota necessariamente ações de alteração ou uso de objetos virtuais. Embora exista a caracterização diferenciada entre as modalidades dispositivos de interação e trajetória, muitos dispositivos hápticos e sistemas de imersão multimodais utilizam estas características concomitantemente.

5.3.1. Dispositivos de trajetória

O trabalho de Osterlund e Lawrence (2012) apresentou como objeto o desenvolvimento de um sistema para captura de movimentos biomecânicos de operadores humanos em uma maquete do módulo de tripulação da nave espacial Orion. Após resolutos os problemas

referentes à captura de pontos em múltiplos usuários o sistema foi capaz de prover avaliações ergonômicas avançadas para o redesenho de tarefas com base no amostral provido através da renderização dos dados com avatares (Figura 23).

Figura 23 - Trajetória por pontos utilizando VICON™ e renderizador JACKLive™



Fonte: Osterlund e Lawrence (2012, p.141)

O sistema proposto pelos autores fornece indicações visuais quanto à força, pressão e também estresse sofrido pelo corpo humano durante a execução de diferentes tarefas no módulo espacial. Para captura de movimento das mãos foi necessário o de um sistema de trajetória auxiliar utilizando-se de luvas de dados (Figura 24).

Figura 24 - Luva de dados



Fonte: Osterlund e Lawrence (2012, p.141)

Para Osterlund e Lawrence (2012), embora tenha sido identificado que algumas tarefas simuladas não serem compatíveis com a execução real da tarefa a ser exercida no espaço, foi possível extrair parâmetros de desenvolvimento que auxiliaram as equipes de desenvolvimento a definir a melhor alocação de recursos frente ao cenário proposto. Os autores apontam que uma proposta futura para testes pretende que cada usuário possua um

dispositivo HMD para renderização em tempo real do cenário proporcionando maior imersão na cena.

No trabalho de Lee *et al.* (2010) é apresentado um conceito de modelagem imersiva utilizando de marcadores como rastreo para projeção da imagem em monitores e óculos de realidade aumentada (Figura 25).

Figura 25 - Exibição guiada por marcador



Fonte: Lee *et al.* (2010, p.396)

O modelo sugerido pelos autores integra o uso de ferramenta háptica para interagir com funções de modelagem específicas do sistema. Segundo os autores embora o sistema provenha a exibição o produto virtual em realidade aumentada nas mãos do operador as ações para obter respostas hápticas dependem do uso do dispositivo háptico discriminado que no formato apresentado possui apenas um ponto de contato e não oferece a sensação de peso dos produtos.

Em Bourdot *et al.* (2010) é apresentado um dispositivo de trajetória que também promove a interação com o produto.

Figura 26 - Visualização do OpenCascade com HMD



Fonte: Bourdot *et al.* (2010, p.452)

Bourdot *et al.* (2010), ao identificar a baixa resolução e acurácia dos sistemas CAD integrados a ferramentas gestuais, objetivaram através de protocolos de edição e métodos hápticos promover uma interação entre usuário e sistema baseada em gestuais executados pela mão. O modelo produzido através do software **Open CASCADE** (2013) é manipulado com uso de um dispositivo de trajetória com 4 pontos e rastreia o movimento do usuário enquanto gestuais específicos acionam funções do programa, um óculos de realidade aumentada promove a imersão do usuário.

Formatos de dispositivos de trajetória como o utilizado nas filmagens de filmes como Avatar, poderão atuar facilitando a interação visual entre colaboradores em ambientes virtuais através do rastreamento das expressões faciais e rastreamento do olhar (Figura 27).

Figura 27 - Captura de movimento e olhar



Fonte: Filme Avatar (Divulgação MakingOff)

Como observado no Capítulo 4 deste documento que trata da percepção na comunicação colaborativa, a expressão facial possui um importante papel nas trocas comunicacionais. O uso de sistemas de rastreamento facial solicita a atualização síncrona das imagens para não produzir

efeitos indesejáveis no discurso comunicacional. Este tipo de demanda embora tecnologicamente viável não teve aplicações práticas identificadas no escopo desta pesquisa.

Outras pesquisas buscam solucionar a questão da liberdade de locomoção em ambientes virtuais. O produto comercial **VirtuSphere** consiste de uma esfera na qual o utilizador caminha com dispositivos multimodais sem fio como óculos de realidade aumentada e um dispositivo apontador possibilitando acesso a um ambiente virtual.

Figura 28 – VirtuSphere



Fonte: VirtuSphere – Disponível em: <<http://www.virtusphere.com/>> Acessado em: 22/10/2013

A esfera possui rolamentos que permitem a locomoção do utilizador andando ou correndo em qualquer direção, sensores podem ser incrementados para viabilizar a identificação de salto do utilizador. O sistema atualiza a informação de forma síncrona conferindo a percepção de imersão. Nos testes realizados pelos desenvolvedores foi necessário um tempo de adaptação do usuário para não sofrer desequilíbrio no uso do equipamento. Também foi identificado que atrasos na atualização das imagens podem provocar falhas perceptivas gerando desconforto e insegurança.

O sistema da **WizDish** propõe uma abordagem semelhante para caminhada porém utilizando um sistema compacto de rastreamento. O disco de trajetória WizDish (Figura 29) utiliza um sistema de rastreamento de movimento dos pés do usuário para transformar a informação adquirida em movimento do avatar no ambiente virtual.

Figura 29 - Plataforma de Caminhada WizDish



Fonte: WizDish – Disponível em: <<http://www.wizdish.com>> Acessado em: 22/10/2013

O equipamento se trata de uma plataforma redonda côncava em que o usuário utilizando sapatos especiais pode simular o movimento de caminhada arrastando os pés para frente e para trás com liberdade de 360 graus. A plataforma consegue identificar direção e velocidade. Os autores deste projeto também salientam a questão de segurança para usuários com menor experiência e sugerem o uso de uma cadeirinha de segurança (como utilizada em rapel e alpinismo) fixada em um ponto acima do disco de caminhada.

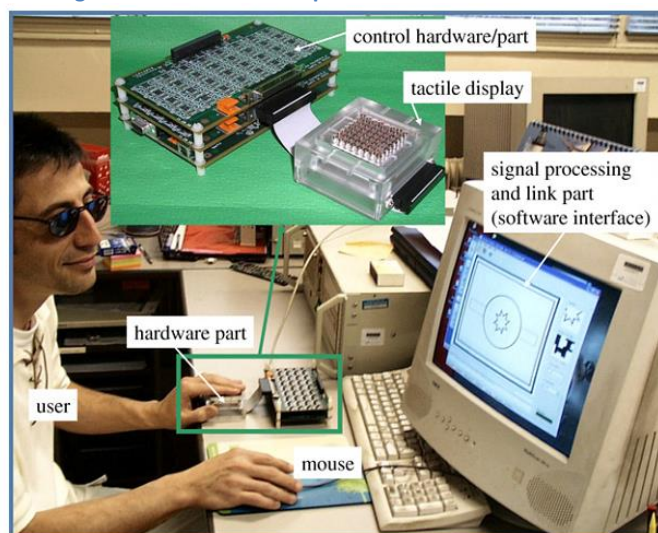
Como pode ser observado os dispositivos de trajetória não apresentam o retorno háptico ao usuário, enquanto na VirtuSphere é possível aplicar motores criando resistência ao movimento de rolagem do usuário, na plataforma WizDish este tipo de complemento não é adequado. Os demais dispositivos como pontos de rastreamento e luvas com sensores de movimento e óculos de realidade aumentada também se caracterizam basicamente na identificação do movimento do usuário. Embora os dispositivos de trajetória apresentem papel notório para imersão do usuário no ambiente virtual, não provem como objetivo central o retorno háptico ao usuário.

5.3.2. Dispositivos de interação

Para Fagiani *et al.* (2011) os olhos podem dar a posição de um objeto mas o toque é parte essencial da compreensão de suas características físicas. Os dispositivos de interação fazem a ponte entre o usuários e as respostas do sistema. Tratando de dispositivos de interação háptica tanto o operador quanto o sistema produzem informações que são lidas e geram respostas em um canal bidirecional de comunicação. Em sistemas colaborativos, esta interação pode ainda ocorrer em resposta a ação de outro usuário.

Em Benali-Khoudja *et al.* (2007), é possível verificar o exemplo de um dispositivo háptico destinado a acessibilidade ao computador de pessoas com déficit visual. Ao contrário de ferramentas auditivas o sistema háptico proposto permite a leitura de informações em Braille diretamente através do tato como também a transposição simples de informações visuais como linha e ponto para sinais hápticos (Figura 30).

Figura 30 - Indicador tátil para usuário com déficit visual



Fonte: Benali-Khoudja *et al.* (2007, p.134)

O trabalho de Benali-Khoudja *et al.* (2007) demonstrou que é possível efetuar a transferência de informações textuais e imagens bidimensionais para um display tátil. No entanto, para conferir a capacidade de demonstrar elementos complexos é necessário desenvolver um dispositivo com maior número de pontos de contato. Na proposta dos autores a ação do usuário sobre a forma não gerava entrada de dados. Os autores acreditam que com um maior desenvolvimento do sistema a interação tátil poderá ser utilizada para tarefas com leitura de texto, incluindo campo de interação para sinalizar passagem de texto entre outras funções.

Em Osterlund e Lawrence (2012), um dispositivo de trajetória foi utilizado para prover a visualização aumentada de um dispositivo de interação e desta forma efetuar análises práticas com o usuário (Figura 31).

Figura 31 - Realidade aumentada com marcador

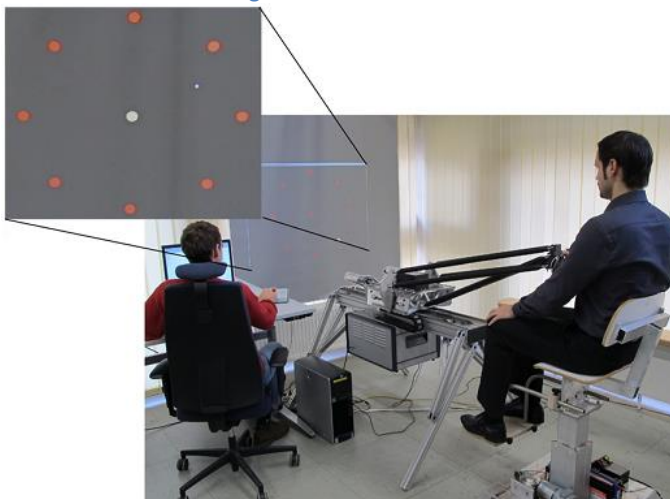


Fonte: Osterlund e Lawrence (2012, p.129)

Segundo Osterlund e Lawrence (2012), enquanto é possível efetuar pequenos experimentos simulados com equipamentos alocados virtualmente em espaços de realidade aumentada, ao efetuar o teste com múltiplos usuários foi verificado um aumento considerável no grau de complexidade. Os autores apontam que em atividades de colaboração é importante que o sistema possua a capacidade de atualizar a informação para todos os visualizadores sem atrasos e de forma síncrona, viabilizando a organização da tarefa.

A proposta de Bartenbach *et al.* (2013) trata de um dispositivo de interação e trajetória para reabilitação com retorno háptico (Figura 32).

Figura 32 – Biomotion



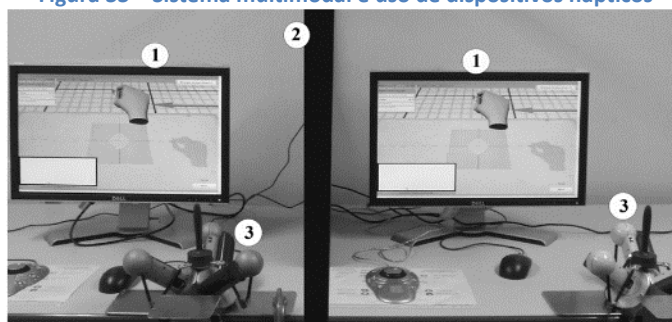
Fonte: Bartenbach *et al.* (2013, p.289)

Segundo Bartenbach *et al.* (2013), através de experimentos de aprendizagem dinâmica em cenários bi e tridimensionais foi possível verificar no estudo proposto a capacidade assistiva do sistema para o usuários em reabilitação. Os estudos demonstram que o dispositivo pode

ser utilizado em pesquisas voltadas a aprendizagem motora humana em ambientes virtuais simulados ou reais e através de repostas hápticas auxiliar na reabilitação de usuários que apresentam algum déficit físico-muscular.

Chellali *et al.* (2011) buscaram compreender a importância da comunicação háptica na execução de tarefas compartilhadas. Através do estudo de um sistema multimodal que simula a inserção de uma agulha cirúrgica em um corpo virtual, os autores investigaram o suporte háptico em ambientes colaborativos (Figura 33).

Figura 33 – Sistema multimodal e uso de dispositivos hápticos



Fonte: Chellali *et al.* (2011, p.321)

Os resultados do estudo de Chellali *et al.* (2011) demonstraram que o treinamento de inserção de agulhas em ambientes virtuais pode auxiliar a performance do usuário. No sistema os testes efetuados em sistemas hápticos manuais compartilhados entre instrutor e aluno, e entre especialistas. Através de diferentes métodos de inserção os usuários puderam identificar o processo mais adequado e aperfeiçoar sua técnica através do software.

Em Nee *et al.* (2012) é apresentado um ambiente imersivo de desenvolvimento colaborativo integrado, Construc3D, em que dois usuários portando uma caneta de interação e trajetória (Stylus) podiam gerar modificações em um modelo geométrico exibido através de óculos de realidade aumentada (Figura 34).

Figura 34 - Trabalho imersivo compartilhado

Fonte: Nee *et al.* (2012, p.662)

Nee *et al.* (2012) sugerem que os sistemas de colaboração devam considerar a usabilidade, através de desenhos de interface intuitivas e eficientes. O trabalho colaborativo co-localizado também é apontado como um ponto positivo para os autores uma vez que a atividade colaborativa a distância ainda não contempla em sua total complexidade as atividades de comunicação através de sinais não verbais como gestos dêiticos e expressões faciais.

O trabalho de Gosselin *et al.* (2013) teve como um dos objetivos avaliar uma plataforma multimodal para treinamento imersivo em cirurgias (Figura 35).

Figura 35 - Treinamento imersivo de cirurgia

Fonte: Gosselin *et al.* (2013, p.386)

Para os autores o uso de dispositivos de interação multimodal permitiram o treinamento motor efetivo ao simular referências hápticas no corpo simulado para o procedimento cirúrgico virtual. Segundo Gosselin *et al.* (2013), foi possível identificar diferentes níveis de treinamento no sistema e a relação da simulação com a realidade teve boa aceitação por parte de profissionais especialistas.

5.4. ANOTAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO

Para os aparatos hápticos embora os nariz e a boca sejam bastante sensíveis é mais comum se utilizar dispositivos através das mãos, embora alguns estudos estejam se apropriando destes conhecimentos para experimentar a percepção háptica através de outras partes do corpo como as supracitadas. A ponta dos dedos possui uma ótima capacidade tátil. Entretanto, é importante considerar a idade dos participantes já que a percepção tátil é reduzida significativamente com a idade, **ISO 9241-910** (2011). Segundo Turkiyyah *et al.* (2011), o retorno háptico e sua frequência dependem da flexibilidade de trabalho com os objetos e também da capacidade de processamento do sistema, que para elementos finitos demanda uma relação de atualização alta para o resultado imediato ao usuário.

Para Dagman *et al.* (2010), a experiência do usuário com sistemas hápticos ainda é um campo pouco pesquisado. No cenário atual, a velocidade da comunicação em rede parece não ser considerada o problema central no desenvolvimento de sistemas remotos colaborativos e grande parte do discurso se volta a compreender qual relevância dos diferentes canais comunicacionais frente aos ambientes colaborativos, conforme Simard e Ammi (2012). Também são investigados formas de parametrizar e regular as referências hápticas através de normativas internacionais.

Rahman *et al.* (2012) reforçam a importância de tornar os sistemas remotos mais imersivos sem impactar no acesso e usabilidade a usuários com pouco conhecimento de ambientes de desenvolvimento. Tratando da colaboração háptica em sistemas virtuais, Kim e Maher (2008) sustentam que as interfaces tangíveis produzem interações mais dinâmicas e com o uso de gestos e toque pode-se alcançar canais de comunicações que não dependem da verbalização. Neste contexto, o trabalho de Ta e Zhou (2007) reforça que o desafio de viabilizar a integração de múltiplos clientes em AVC para a interação háptica simultânea é bastante complexo e desafiador tanto em hardware quanto software.

Com a função de regular e orientar, as normas ISO voltadas aos dispositivos hápticos apresentam o resultado de trabalhos com grupos internacionais para definição de parâmetros adequados aos sistemas hápticos que possam ser utilizados na variada gama de dispositivos

que se enquadram nesta categoria. Embora o efeito háptico seja mencionado anteriormente em outros documentos da ISO, às primeiras ISO a normatizar o trabalho em sistemas hápticos foram a **ISO 9241-910** (2011) e **ISO 9241-920** (2009), estas normas conceituam o retorno háptico e trazem referencias para seleção criteriosa de dispositivos frente ao uso e aplicação.

Embora seja uma primeira abordagem consistente da ISO sobre a háptica ainda existe um grande avanço a ser contemplado com orientações sobre a háptica em ambientes multimodais. Esta atividade que se encontra no programa de desenvolvimento contemplado pela ISO9241-930 e até o fechamento deste documento não teve a data inicial planejada como também a ISO9241-940 que irá abordar métodos de avaliar estes sistemas e dispositivos. Um ponto ainda mais distante é sugerido pela ISO9241-971 que trará normativas para o trabalho com dispositivos hápticos em ambientes públicos e sociais. Fica claro que este campo de pesquisa ainda está em desenvolvimento e grande parte dos trabalhos para guiar o desenvolvimento de sistemas hápticos absorverão contribuições de pesquisas paralelas advindas de instituições de ensino e pesquisa.

6. CAPÍTULO 6 | MÉTODO DE PESQUISA

6.1. CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA

Partindo dos objetivos deste trabalho esta é uma pesquisa de natureza **Básica**, caracterizada por Silva e Menezes (2005, p. 20), “que busca novos conhecimentos úteis” ao campo do design colaborativo direcionados às questões da percepção háptica na colaboração remota síncrona. O problema foram abordados de forma **qualitativa e exploratória**, foram verificados qualitativamente os dados levantados através de pesquisa bibliográfica, documental e questionários com objetivo de tornar o tema pesquisado mais explícito e também construir premissas, tal como proposto por Silva e Menezes (2005).

Dos procedimentos técnicos configura uma pesquisa **bibliográfica**, que tem como base principal de conhecimento os documentos indexados no portal ScienceDirect, Isi Web of Science e Scopus. É também uma **pesquisa-ação**, que se utiliza de uma metodologia de investigação com especialistas que atua de forma incremental à pesquisa bibliográfica. Desta forma, articulam-se as premissas e características em duas linhas complementares para uma conclusão convergente, de acordo com Silva e Menezes (2005).

O método científico é **Dedutivo**. Os dispositivos hápticos aplicados a sistemas remotos colaborativos configuram um campo de estudo incipiente em que suposições ou premissas podem ser levantadas. As deduções destas premissas podem ser testadas em busca da confirmação das prospectivas ou falseamento das mesmas. O processo de desenvolvimento referendado por Gil (1999, p. 30) apresenta a seguinte estrutura operativa: Problema > Conjecturas > Dedução de consequências observadas > Tentativa de falseamento > Corroboração. Para esta dissertação utilizou-se de pesquisa incremental que buscou através do apontamento de especialistas, pontuar as considerações identificadas através da pesquisa bibliográfica.

6.2. ABORDAGEM DA PESQUISA

A investigação em cenários não conclusos sugere a apropriação de ferramentas que possam traçar de forma mais efetiva as perspectivas e tendências de desdobramentos futuros. Estas ferramentas podem traçar probabilidades ou mesmo vislumbrar cenários múltiplos. As terminologias **Forecasting** e **Foresight** (Tabela 1) são utilizadas por alguns pesquisadores para caracterizar os resultados almejados, sendo específicos ou mais subjetivos, nas ferramentas ou metodologias aplicadas.

Tabela 1 - Diferença entre Forecasting e Foresight

	Forecasting	Foresight
Foco	<ul style="list-style-type: none"> • Tendências • Probabilidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendências • Contra-movimentos • Descontinuidades • Incertezas • Ambições dos Stakeholders
Propósito	<ul style="list-style-type: none"> • Antecipar um (mais) provável futuro em termos de adaptação política. • Facilitar a formulação de políticas através da redução das incertezas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Antecipar potenciais futuros em termos de inovações bem-consideradas. • Explorar incertezas e estratégias alternativas.

Fonte: Adaptado de (RUTTEN et al, 1999)

Entretanto, na prática, estes focos são tratados de forma pouco diferenciada ou específica. O trabalho de Balaguer (2004) sugere uma abordagem denominada Prospectiva Tecnológica em que características destes dois enfoques são combinadas e aplicadas a um modelo convergente de observação:

Prospectiva Tecnológica é tanto um processo que olha para o futuro quanto os resultados obtidos desse processo, antecipando, projetando ou prevendo capacidades, aplicações e funcionalidades de máquinas, processos e técnicas. O processo de prospectiva tecnológica deve buscar um entendimento das forças que moldarão a convergência entre os futuros possíveis, plausíveis, prováveis e desejáveis, integrando considerações técnicas e não-técnicas. Deve-se assim buscar uma afirmação de cunho probabilístico que diminua as incertezas e aumente o nível de informação a respeito do futuro. Seus resultados, expressos em números ou palavras, são apresentados de maneira que sejam úteis aos tomadores de decisão e elaboradores de políticas, aumentando assim seu estado de atenção em relação a oportunidades e ameaças futuras. (BALAGUER, 2004, p. 21)

A abordagem de **Prospectiva Tecnológica** apresenta uma proposta que melhor se adequa a presente pesquisa, permitindo não apenas uma argumentação inicial de compreensão empírica como também o uso de ferramentas para alinhar as características identificadas. Neste íterim, a metodologia de pesquisa aplicada busca não apenas validar as informações resultantes da pesquisa bibliográfica estruturada, mas também trazer considerações atualizadas de especialistas para um cenário convergente de prospectivas através do qual foi possível listar características norteadoras de desenvolvimento.

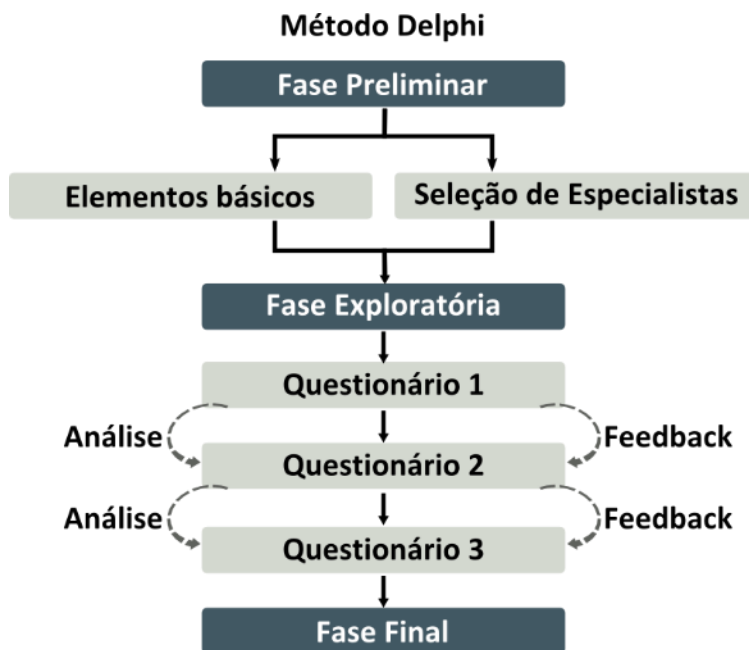
6.3. DINÂMICA DE INVESTIGAÇÃO

A investigação técnica desta pesquisa foi executada com o uso **metodológico** de duas referências: uma revisão teórica-empírica, na qual se fará o uso do **modelo** estruturado de revisão bibliográfica **RBS**; e uma pesquisa-ação, com a aplicação do **método Delphi** adaptado com as analogias da **Sinética**. O discurso obtido através destes **métodos** foi o articulador das conclusões desta pesquisa. Para elucidar o modelo de operação e funcionamento de cada uma destas aplicações os tópicos seguintes discutirão os **métodos** em específico.

6.4. DELPHI

O **método Delphi** aborda questões problema em rodadas incrementais através do uso de questionários aplicados a um grupo pré-selecionado de especialistas. Para Linstone; Turoff (1975), além de ser um método eficaz em levantar perspectivas tecnológicas, o método Delphi pode auxiliar no desenvolvimento de relações humanas em ambientes complexos, identificar motivações reais e percebidas de usuários e atuar em cenários onde os dados não são exatos ou disponíveis. As principais características deste método são: a) comunicação estruturada, b) anonimato dos participantes, c) interação e retroalimentação controlada e d) agregação estatística das respostas do grupo, (SALLES FILHO *et al.*, 2001). A cada rodada de questionamento (Figura 36) os resultados são analisados, compilados e então apresentados para novo julgamento frente ao grupo pesquisado. Estas rodadas atuam como processo incremental para correção de possíveis desvios aferidos na rodada antecedente. (BAXTER, 2000)

Figura 36 - Método Delphi



Fonte: Adaptado de Estévez; Gallastegui (2005)

A construção adequada do questionário Delphi deve atentar para algumas características do grupo pesquisado. Em grupos muito especializados alguns conflitos individuais poderão ser aferidos subjetivamente pela cultura individual de cada pesquisado. Entretanto, assumir um grupo muito heterogêneo também traz algumas características como a dificuldade de um aprofundamento mais complexo em questões técnicas/tecnológicas específicas do objeto pesquisado, conforme Salles Filho *et al.* (2001).

Para esta pesquisa o método Delphi será adaptado com o advento das analogias empregadas na metodologia da Sinética, esta integração será descrita a seguir, ao fim do tópico, tem-se o modelo adaptado para convergência destas duas ferramentas. Maiores informações sobre o método Delphi clássico podem ser encontradas em, **Gazing into the oracle** (1995).

6.5. SINÉTICA

O método da **Sinética**, desenvolvido por William Gordon em 1957, engloba a junção de diferentes elementos para busca de soluções a uma problemática. Apoiando-se basicamente em analogias e metáforas em sessões de grupo, possibilita visões não corriqueiras aos tópicos investigados. É uma técnica aplicada a problemas complexos ou intrincados. O uso de analogias busca aproximar o pensamento tornando o estranho familiar, e aferir novas perspectivas tornando o familiar em estranho.

A sinética reconhece dois tipos de mecanismos mentais que levam a resultados criativos: tornar o estranho, familiar (onde se busca, ao defrontar com um problema, ver aspectos de problemas já conhecidos, utilizando-se de análise, generalização e analogia) e tornar o familiar, estranho (o que implica em distanciar-se do problema, distorcer ou modificar as formas de visualização ou de conceber a realidade). (COSTA, 2007, p. 101)

As abordagens descritas por Gordon (1973) são de analogia simbólica, fantasiosa, pessoal e direta (Figura 37). As variações de analogia desenvolvidas após o trabalho de Gordon que podem ser empregadas na Sinética abordam: analogia direta; pessoal; natural; fantasiosa e paradoxal. Estas analogias auxiliam na imersão em diferentes níveis do problema e reformulam o desenvolvimento de soluções para o problema, (BOEIEN e DAALHUIZEN, 2010).

Figura 37 - Analogias Sinética



Fonte: Elaborado pelo autor

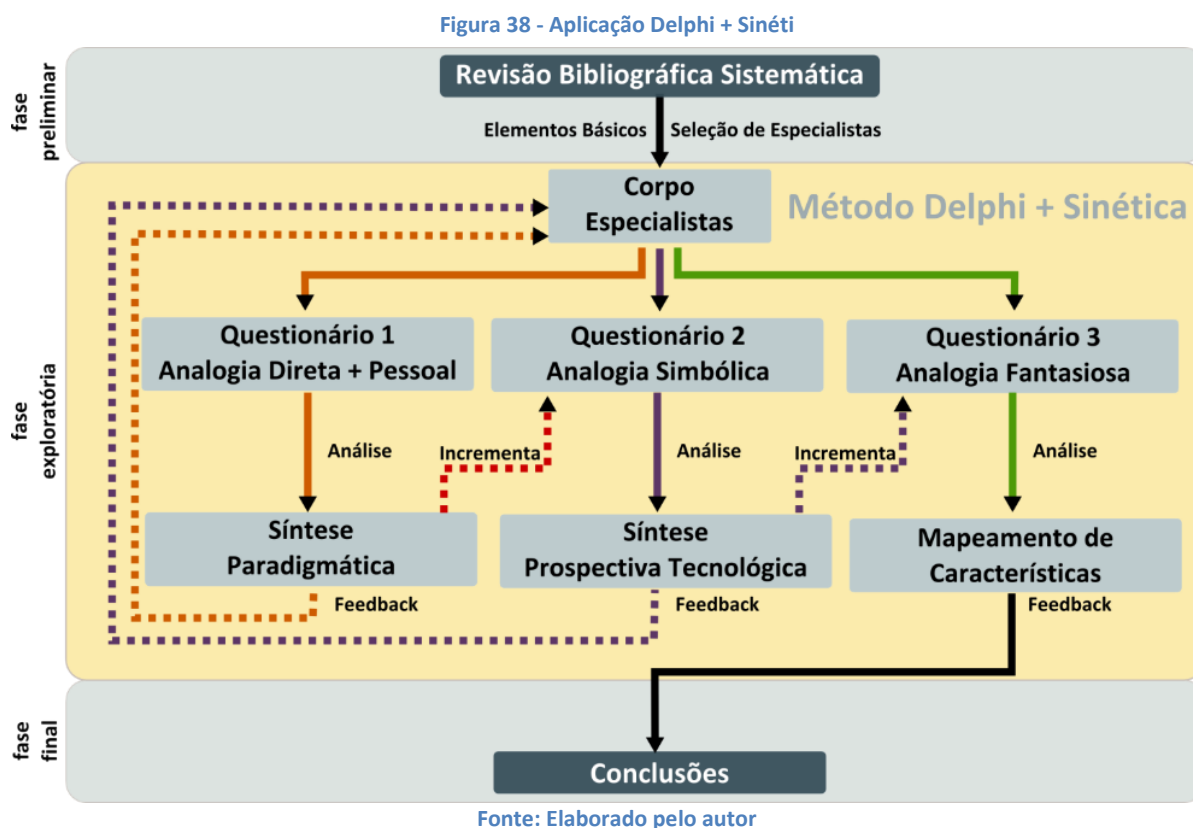
Abordando as analogias clássicas do método, os autores discorrem que a **analogia direta** trata da discussão de sistemas análogos paralelos para discutir a problemática da questão. Na **analogia pessoal** o problema torna-se a identidade do indivíduo na imersão investigativa. A **analogia simbólica** busca abordar imagens impessoais para abordar o problema. Com a **analogia fantasiosa** o indivíduo pode ser transportado para um cenário que não segue regras pré-estabelecidas, Zinker e Mourão Netto (2007).

6.6. ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DELPHI + SINÉTICA

Como mencionado anteriormente, para esta pesquisa foi utilizada uma adaptação da metodologia **Delphi** em conjunto a **Sinética** Lussier (2009) sugere que o uso destes métodos é comum a gestores de alto nível, entretanto o autor não aborda nenhum exemplo de

aplicação conjunta das metodologias. Durante a pesquisa referencial para elaborar esta abordagem integrada não foram identificadas menções de aplicações adaptadas dos dois métodos em conjunto, o que pode configurar um caráter de ineditismo para este trabalho. Esta adaptação é justificada pela convergência de intencionalidades entre as duas metodologias, que atuam diretamente na resolução de problemas complexos como, por exemplo, cenários não conclusos.

A articulação dos métodos se deu na finalidade de **Prospectiva Tecnológica**, através da utilização dos aspectos análogos da Sinética aplicados no direcionamento intencional dos questionários aplicados ao grupo de especialistas selecionados no método Delphi. As fases procedurais de aplicação podem ser observadas na (Figura 38) que demonstra a integração das metodologias em um procedimento comum.



A **fase preliminar** inicia com a consolidação do corpo de conhecimento da dissertação adquirida através de RBS. Nesta fase, serão definidos os elementos básicos da pesquisa e a seleção de especialistas. Dos **elementos básicos** para aplicação do método destacam a definição do escopo, as problemáticas a serem abordadas, parâmetros e pesos aplicados a cada questão, determinação dos questionários e modo de aplicação. A **seleção de especialistas** contempla a definição de um corpo de indivíduos que podem contribuir significativamente para a pesquisa. Para tanto, foram identificados especialistas através do

corpo de especialistas do portal de currículos Lattes, disponibilizado em formato Plataforma Lattes pelo CNPq, vinculado diretamente ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação brasileiro. Com o uso da ferramenta Carta Convite foram efetuados os convites formais e definido o Corpo de Especialistas da pesquisa

Durante a **fase exploratória** são aplicados os questionários através de meio eletrônico para recolhimento das opiniões do corpo de especialistas. O **questionário 1** tem como articulação sinética uma abordagem voltada ao levantamento de paradigmas da temática pesquisada frente ao cenário atual. Utiliza da **analogia direta e pessoal**, com o discurso de tecnologias e estudos similares, e trata o indivíduo como parte do problema. Após a coleta de dados, estes foram analisados e compilados em uma Síntese Paradigmática. Esta síntese atua como conteúdo incremental para o questionário 2 que foi encaminhado como feedback ao corpo de especialistas junto a próxima rodada de questionamentos. O **questionário 2** foi direcionado ao discurso sinético da **analogia simbólica**, utiliza de elementos impessoais para uma investigação direcionada a sugestões de tendências futuras. Após a coleta de dados, estes foram analisados e compilados em uma Síntese Prospectiva Tecnológica. Esta síntese atua como conteúdo incremental para o questionário 3 e foi encaminhada como feedback ao corpo de especialistas junto a próxima ronda de questionamentos. O **questionário 3** utiliza a **analogia fantasiosa**, discorrendo sobre o modo de operação dos sistemas em cenários prospectivos. Após a coleta estes dados foram analisados e compilados em um Mapeamento de Características.

A **fase final** compete a convergência dos resultados obtidos com os questionários aplicados para um levantamento dedutivo das características norteadoras para modelos de aplicação de dispositivos hápticos em sistemas remotos colaborativos tendo como foco a percepção. As conclusões deste processo de pesquisa confrontam os dados identificados nas RBS para articular as conclusões finais da dissertação. O documento final é disponibilizado em formato digital para possíveis análises dos colaboradores e demais interessados na pesquisa.

7. CAPÍTULO 7 | APLICAÇÃO DO MÉTODO

Em acordo a proposta deste trabalho de compreender como a modalidade sensorial tato, estimulada em ambientes colaborativos através de dispositivos hápticos, fez-se necessária à investigação junto a especialistas para maior imersão na pesquisa. Esta articulação do conteúdo com base na opinião de investigadores e professores do tema háptica permite aprofundar os conhecimentos adquiridos através do referencial teórico e também tem papel fundamental na identificação de lacunas não contempladas adequadamente na literatura atual. Partindo desta proposta ao final deste capítulo é apresentado um conjunto de características e proposições para o aprimoramento dos estudos e desenvolvimento colaborativo síncrono mediado pelo computador apoiado por dispositivos hápticos.

7.1. DESCRIÇÃO DO TRABALHO EXECUTADO

O método de pesquisa de campo deste trabalho consistiu da adaptação dos métodos **Delphi** e **Sinética**, abordando as questões do **Delphi** com base nas analogias da **Sinética**. O processo de questionamentos aos especialistas da pesquisa foi definido em quatro etapas. Na primeira, foi enviada uma Carta Convite aonde se elucidou o Escopo e Objetivos da pesquisa, assim como, os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido conforme definição do Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná.

A todos os aceites nesta etapa, foi disponibilizado através de link online o **Questionário 1**, ver (Quadro 11, p.118). Este questionário abordou as questões em formato **Likert** buscando compreender com base na equipe de especialistas estudada, os **Paradigmas** atuais do objeto da dissertação e possíveis variantes não identificadas anteriormente. As respostas foram tabuladas e analisadas para direcionamento incremental a próxima etapa.

No **Questionário 2**, ver (Quadro 12, p.127), se buscou o aprofundamento do tema de pesquisa, incrementando questões identificadas na etapa anterior. Este questionário abordou as questões prioritariamente em formato **Likert** com foco nos **Prospectivas Tecnológicas** do objeto de pesquisa. As respostas foram tabuladas por e analisadas para direcionamento incremental a próxima etapa. No **Questionário 3**, ver (Quadro 14, p.135), se investigou o alinhamento do objeto de pesquisa com caracterização em cenário futuro. Este questionário abordou as questões em formato **de resposta aberta** e teve como resultante o **Mapeamento de Características** para sistemas de percepção háptica aplicados a ambientes remotos colaborativos.

Todos os dados obtidos foram analisados e compilados tendo como referência a fundamentação teórica deste trabalho. Com esta análise foram traçadas as **conclusões finais** quanto uma lista de características e propostas de aprimoramento ao design colaborativo síncrono mediado pelo computador apoiado por dispositivos hápticos.

7.2. CARTA CONVITE

Conforme metodologia adaptada a esta pesquisa, a seleção dos especialistas a serem convidados como participantes respondentes exigiu a identificação prévia em portal de dados. Para tanto, optou-se pela utilização do portal de currículos Lattes, disponibilizado em formato Plataforma Lattes pelo CNPq, vinculado diretamente ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação brasileiro. A plataforma possuiu campo de busca simples e também um módulo avançado que permite uma delimitação maior da investigação.

No menu de “busca avançado” foi utilizado o modo de busca através da seleção da caixa **“qualquer uma dessas palavras”**; como chaves de localização utilizou-se as entradas no modo booleano: *(Háptico OR Háptica OR Haptic OR Táctil OR Tátil) AND (Virtual Environments OR Ambientes Virtuais OR Virtuais) AND (Colaboração OR Collaboration OR Cooperation OR Cooperação OR cocriation OR codesign)*. Nas preferências de busca apenas currículos atualizados nos últimos 48 meses foram retornados, contemplando o período de pesquisa de julho de 2011 a julho de 2013. As bases pesquisadas incluíram Doutores e Demais Pesquisadores cadastrados no portal.

Após a leitura individual dos currículos, foram identificados 31 indivíduos que poderiam fornecer informações incrementais para esta pesquisa. Através de exclusão manual não foram inclusos para a Carta Convite, indivíduos localizados sem grau concluído de mestrado, totalizando a exclusão de 4 indivíduos. Desta forma, o documento intitulado “Carta Convite” foi encaminhado para 27 especialistas de forma distinta nas duas primeiras semanas do mês de julho 2013. Como resultante, 12 especialistas responderam a “Carta Convite”, sendo que 4 declinaram o recebimento do questionário e futuros encaminhamentos da pesquisa, restando 8 indivíduos para a primeira etapa de questionamentos. Conforme metodologia de pesquisa proposta, os indivíduos participantes não serão identificados em nenhum momento desta dissertação.

O Modelo de Carta encaminhado via correio eletrônico para os participantes é demonstrado na sequência (Quadro 10):

Quadro 10 - Carta Convite

<p style="text-align: center;">CARTA CONVITE</p> <p>Caro Professor(a)/Pesquisador(a)</p> <p>Eu, Guilherme Philippe Garcia Ferreira, pesquisador do Mestrado em Design da Universidade Federal do Paraná, estou convidando o(a) Sr.(a) a responder a um questionário dividido em 3 etapas, cujo preenchimento de cada etapa demandará apenas 5 minutos de seu tempo. A primeira etapa influencia a segunda, que por sua vez influencia a terceira. Por esse motivo, haverá um espaço de 7 dias corridos entre cada uma das 3 etapas do questionário. Sua participação será muito importante para a pesquisa que desenvolvo no Mestrado intitulada "Percepção Háptica no Design Colaborativo Síncrono Mediado pelo Computador", orientada pelo Prof. Dr. Adriano Heemann.</p> <p>Esclareço que cheguei ao seu nome após busca e a observação do seu Currículo Lattes. Caso seja de seu interesse ter acesso aos resultados da pesquisa, comprometo-me a enviar ao (a) Sr.(a) o exemplar final da minha dissertação em Abril de 2014.</p> <p>Após clicar em "Enviar" o(a) Sr(a) receberá uma confirmação do seu aceite juntamente com um link para acessar o questionário.</p> <p>Agradeço antecipadamente e permaneço a disposição para dirimir eventuais dúvidas.</p> <p>Atenciosamente, Guilherme Philippe Garcia Ferreira</p> <p style="text-align: right;">Para acessar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido completo clique aqui</p>
--

Fonte: Elaborado pelo autor

Os respondentes foram convidados nesta etapa a divulgarem um e-mail para contato durante a pesquisa; se desejariam receber os resultados desta pesquisa em seu correio eletrônico, e também se desejariam receber questionamentos aprofundados ou estabelecer interlocução sobre o assunto desta pesquisa. Todos que declinaram o recebimento de questionários foram excluídos da listagem de correio eletrônico não sendo contatados novamente para este fim.

7.3. SÍNTESE PARADGMÁTICA

7.3.1. Questionário 1

A primeira etapa de questionamentos encaminhada para os participantes contempla os seguintes campos: apresentação, discurso análogo ao assunto pesquisado, introdução à pesquisa e questões em formato **Likert** para respostas em caixa de seleção, conforme modelo no (Quadro 11). Para esta etapa foram contemplados 6 respondentes que responderam o questionário em sua totalidade de forma efetiva, sendo que 2 participantes declinaram o registro das respostas e foram excluídos da pesquisa por solicitação. A amostra, mesmo sintética, oferece retorno adequado para o objetivo geral da investigação considerando-se a

metodologia de pesquisa com uma proposta incremental, e o grupo de respondentes formado por especialistas.

Quadro 11 - Questionário 1

QUESTIONÁRIO 1																																															
PHCRSMC - Questionário 1																																															
<p>Dentro de qualquer visualização, o professor pode agarrar remotamente a ferramenta do aluno, para guiá-lo de forma háptica. O aluno pode sentir a força da mão orientadora do instrutor e o instrutor pode sentir qualquer resistência por parte do aluno...</p> <p>Fragmento de GUNN, C.; HUTCHINS, M.; STEVENSON, D.; ADCOCK, M.; YOUNGBLOOD, P. Using collaborative haptics in remote surgical training. Eurohaptics Conference, 2005 and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2005. World Haptics 2005. First Joint. Anais... p.481–482, 2005.</p>																																															
<p>*Obrigatório</p> <p>Considerando a situação apresentada acima, indique sua opinião sobre a possível contribuição de um sistema háptico em relação aos aspectos enunciados abaixo:</p>																																															
1. Contribuição do sistema (Likert)																																															
2. Contribuição do usuário (Likert)																																															
3. Semelhança com o trabalho real (Likert)																																															
4. Colaboração (Likert)																																															
5. Grau de controle do usuário>sistema (Likert)																																															
6. Grau de controle do sistema>usuário (Likert)																																															
7. Interação usuário>sistema (Likert)																																															
8. Interação sistema>usuário (Likert)																																															
<p>Contribuição do sistema *</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Irrelevante</th> <th>Pouco relevante</th> <th>Relevante</th> <th>Muito relevante</th> <th>Fundamental</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perceptivos</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Emocionais</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Cognitivos</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Tacteis</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Estéticos</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Multi-sensoriais</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table>							Irrelevante	Pouco relevante	Relevante	Muito relevante	Fundamental	Perceptivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Emocionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cognitivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tacteis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Estéticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Multi-sensoriais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Irrelevante	Pouco relevante	Relevante	Muito relevante	Fundamental																																										
Perceptivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																										
Emocionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																										
Cognitivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																										
Tacteis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																										
Estéticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																										
Multi-sensoriais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																										
<p>Comentários</p> <p>A última questão desta primeira etapa do questionário é aberta e opcional. Caso deseje manifestar sua opinião ou realizar algum comentário, favor redigir ou colar seu texto no quadro abaixo. (Campo de preenchimento)</p> <p>Caso NÃO deseje receber questionamentos aprofundados ou estabelecer interlocução sobre o assunto desta pesquisa, por favor, insira seu e-mail de contato para remoção do sistema (Campo de preenchimento)</p>																																															

Fonte: Elaborado pelo autor

Este questionário teve como objetivo principal identificar qual a contribuição dos aspectos hápticos em relação a diferentes processos de interação e características humanas como aspectos perceptivos, emocionais, cognitivos, táteis, relação estética e a referência multissensorial. O cenário análogo utilizado aborda uma possível intervenção de um orientador em uma tarefa háptica não especificada. Desta forma, embora a analogia aplicada possa trazer alguma referência prévia ao objeto de pesquisa não contempla um cenário conclusivo abrindo campo para interpretações diferenciadas.

Contemplando aspectos de um sistema háptico não determinado, era esperado que alguma resistência fosse demonstrada pelos participantes. Este tipo de resistência foi confirmado por dois indivíduos que declaram no campo de comentários incompatibilidade com a intenção da pesquisa e preferiram não prosseguir nas respostas e dois respondentes que embora tenham exprimido alguma dúvida no campo final de repostas prosseguiram com o preenchimento do questionário de forma completa.

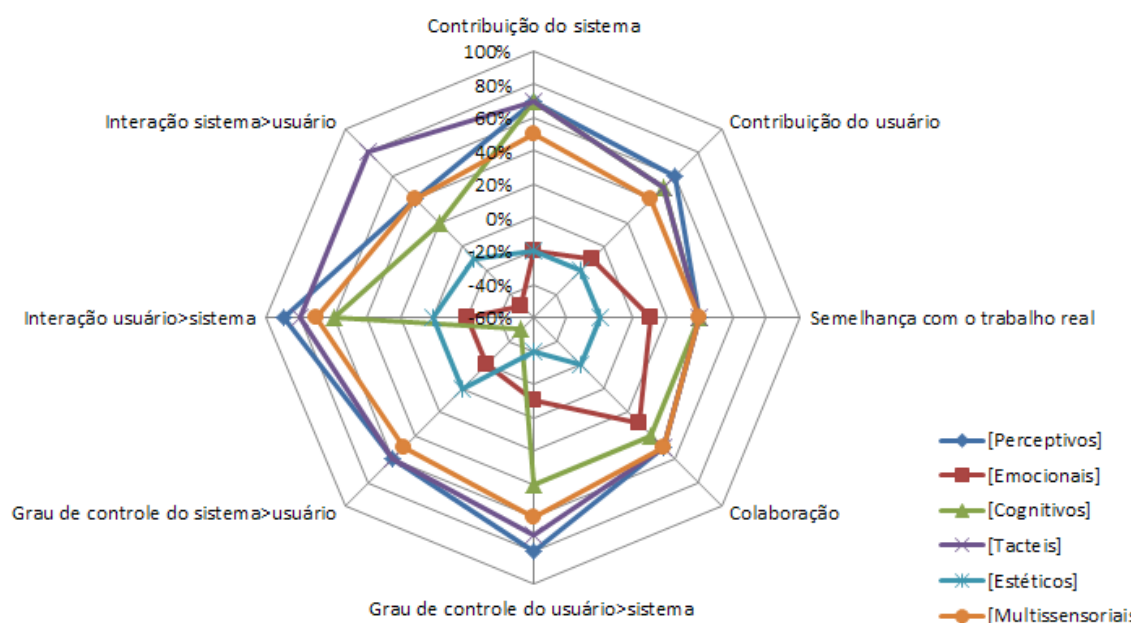
7.3.2. Relatório dos dados obtidos Questionário 1

O Questionário 1 foi disponibilizado para respostas durante duas semanas, prazo considerado ideal para contemplar o primeiro contato do investigador com os prováveis envolvidos nesta etapa de pesquisa. Após este período não foram mais aceitas respostas e o questionário foi exportado do Google Docs para tabela em formato Excel onde ocorreu o tratamento das respostas. Como modelo de resposta foi optado pela escala Likert através do formato de 5 pontos, utilizando valores nominais qualitativos definidos por Irrelevante; Pouco relevante; Relevante; Muito Relevante e Fundamental. Este formato visa facilitar o trabalho do inquirido tornando a resolução do questionário mais rápida mesmo quando arguidas questões complexas do tema. Cabe salientar que a utilização da escala Likert sugere uma resolução em modo qualitativo do problema proposto e não é aconselhável a transposição de respostas para o modelo de média aferindo valores para cada valor nominal objetivando uma avaliação de média.

Para esta pesquisa considerou-se como as variáveis intervenientes entre sistema e usuário as dimensões da percepção, emoção, cognição, tato, estético e multissensorial. As respostas a estas dimensões não geram características técnicas definitivas ao objeto investigado, mas caracterizam elementos humanos que interferem na percepção da interface homem-computador. Para fim didático de avaliação e visualização das repostas foi utilizado um valor para cada dado nominal, respectivamente: Irrelevante (-100%); Pouco relevante (-50%); Relevante (0%); Muito Relevante (+50%) e Fundamental (+100%). Após a compilação dos dados os valores foram recalculados para a amostra percentil de média ponderada, utilizando

da fórmula $A_m = (N/600) \times 100$. O gráfico geral (Figura 39) contempla as dimensões pesquisadas em uma visualização única das diversas variáveis questionadas.

Figura 39 - Questionário 1 - Visualização geral das respostas



Fonte: Elaborado pelo autor

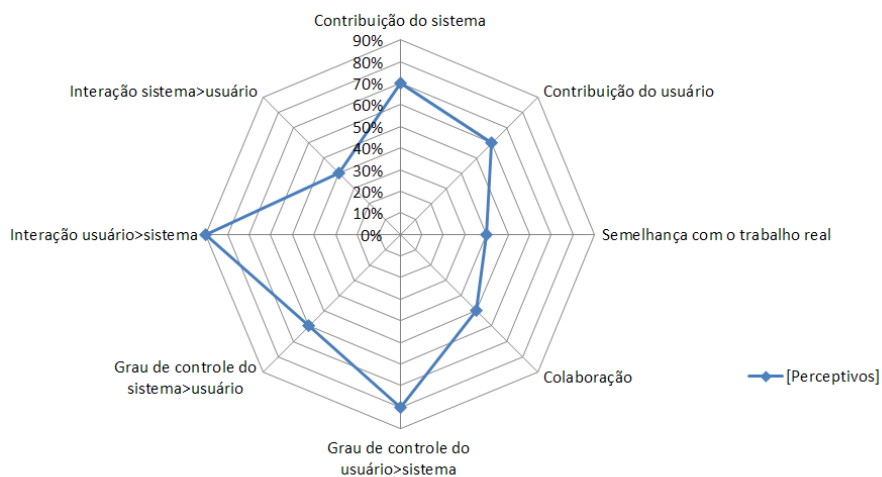
Observando o gráfico geral temos que as dimensões pesquisadas de valores Perceptivos, Tácteis, Cognitivos e Multissensoriais possuem para os participantes respondentes frente à contribuição do sistema háptico em processos colaborativos uma relevância equilibrada. Em contraponto, as dimensões que contemplam a Emoção e valores Estéticos foram compreendidas como Pouco ou Nada Relevantes pela contribuição háptica. Para compreender melhor como as diferentes dimensões foram compreendidas nos diferentes aspectos listados, serão destacadas para análise discriminada na sequência, respectivamente as dimensões: Perceptiva, Emocional, Cognitiva, Táctil, Estética e de retorno Multissensorial.

Pelo modelo de cálculo aplicado e ilustrado nos gráficos resultantes observa-se percentis positivos e negativos que correspondem respectivamente aos itens de maior ou menor relevância. Tratando da contribuição do sistema háptico na dimensão aos aspectos **Perceptivos** (Figura 40) frente aos diferentes processos e relações na colaboração. Os dados tabulados apresentaram um grau de relevância em questões chave dos sistemas colaborativos como, Contribuição do sistema e usuário, no Controle usuário>sistema e sistema>usuário, e também, no que tange a Interação usuário>sistema, sendo este último em que a percepção apresenta maior relevância para os respondentes. Os pontos Semelhança com o trabalho real,

Colaboração e Interação sistema>usuário obtiveram uma relevância mediana frente à contribuição da háptica em sistemas colaborativos.

Figura 40 - Questionário 1 – Perceptivos

[Perceptivos]

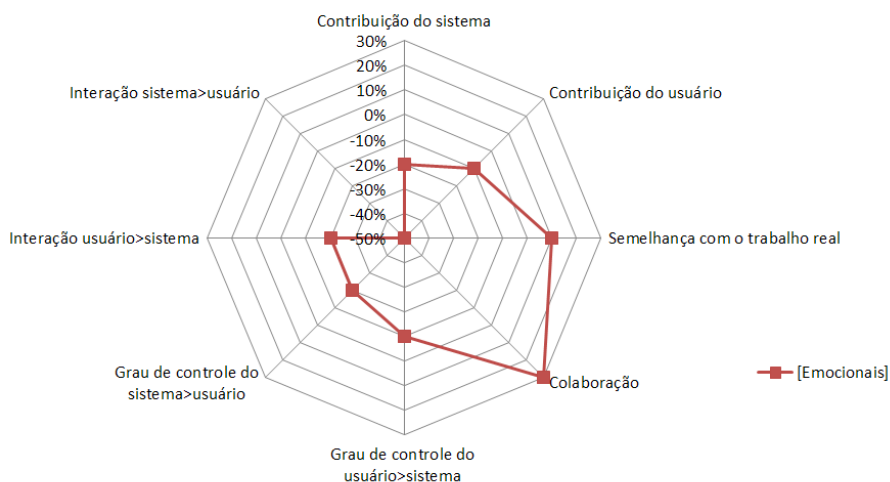


Fonte: Elaborado pelo autor

A dimensão dos aspectos **Emocionais** (Figura 41) obteve um comportamento inverso aos Perceptivos, sendo considerada pelos participantes irrelevante a contribuição da háptica na maioria dos sistemas e processos. Nos pontos Semelhança com o trabalho real e Colaboração, a dimensão Emocional é avaliada pelos respondentes como pouco ou nada aprimorada através da háptica em sistemas colaborativos.

Figura 41 - Questionário 1 – Emocionais

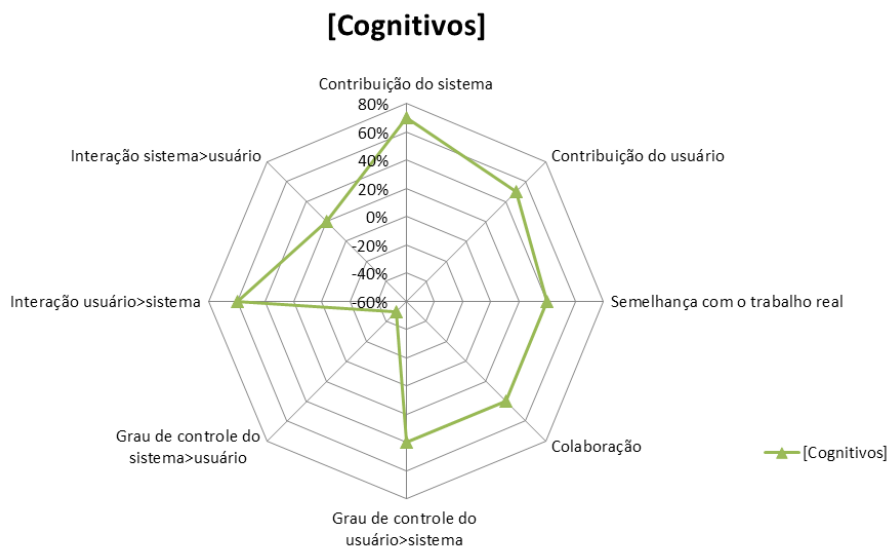
[Emocionais]



Fonte: Elaborado pelo autor

Tratando da dimensão **Cognitiva** (Figura 42) o sistema apoiado pelo retorno háptico apresenta uma relação positiva de relevância na maioria dos sistemas e processos questionários, exceto ao tratar da Interação sistema>usuário. As respostas apontam que há uma relevância significativa quanto a Contribuição do sistema ao trabalho colaborativo.

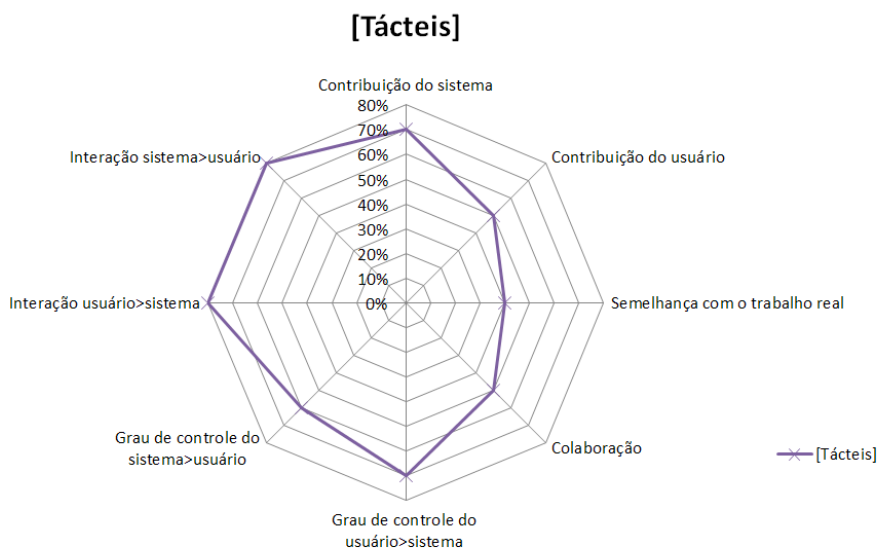
Figura 42 - Questionário 1 – Cognitivos



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a dimensão dos aspectos **Tácteis** (Figura 43) o sistema háptico contribui na grande maioria dos aspectos que envolvem diretamente a interação do usuário com o sistema, embora dados nominais medianos tenham sido aferidos ao tratar da Colaboração e Semelhança com o trabalho real.

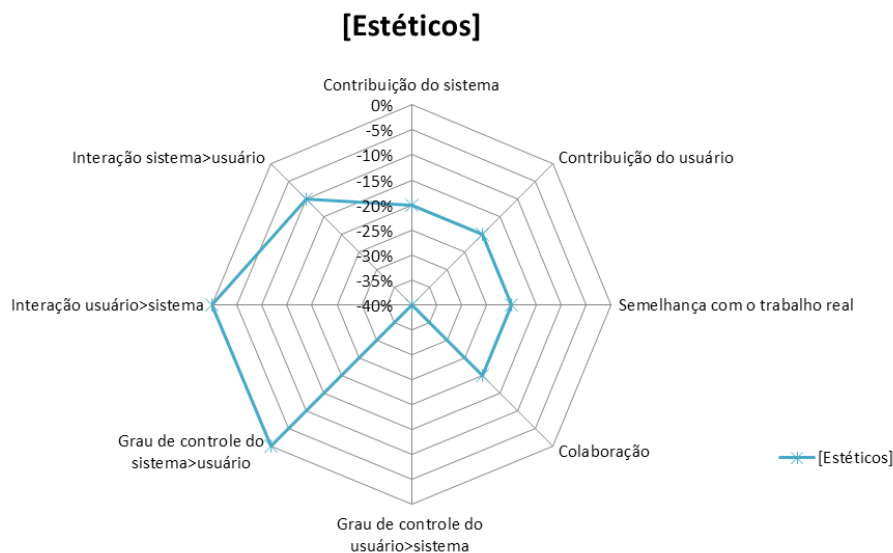
Figura 43 - Questionário 1 – Tácteis



Fonte: Elaborado pelo autor

A dimensão dos valores **Estéticos** (Figura 44) apresentou resultados que negam a contribuição dos sistemas hápticos frente às variáveis investigadas.

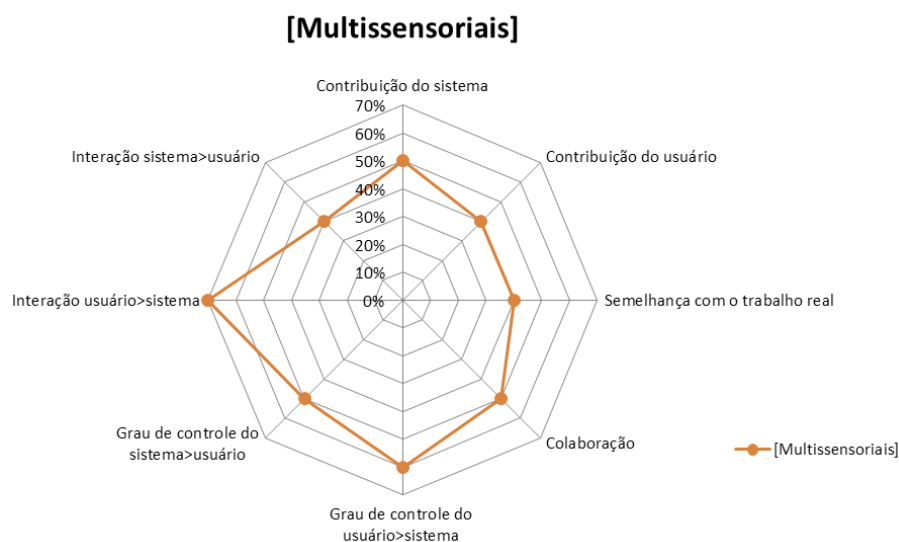
Figura 44 - Questionário 1 – Estéticos



Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto ao uso do sistema háptico vinculado a outros dispositivos sensoriais (Figura 45) as respostas apontam uma possível contribuição positiva para o aprimoramento da tarefa.

Figura 45 - Questionário 1 – Multissensoriais



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta os parâmetros obtiveram relevância mediana com destaque a Interação usuário>sistema que apresentou uma relevância mais significativa na contribuição da háptica. Das anotações abertas finais do questionário foi sugerido por dois respondentes que a

inclusão de sistemas multimodais pode favorecer a imersão do usuário a percepção da interação através da háptica como parte inclusa do processo colaborativo.

7.3.3. Paradigmas da Háptica

Partindo-se dos resultados obtidos através deste primeiro ciclo de questionamentos e também das referências pesquisadas sistematicamente durante a fundamentação que dá base a esta pesquisa, foi possível traçar algumas conclusões preliminares quanto ao objeto de pesquisa. Desta forma, define-se uma síntese paradigmática da percepção háptica no design colaborativo síncrono mediado pelo computador.

Ao abordar a contribuição da háptica para a **percepção** do usuário no sistemas, observou-se que dentre as variáveis pesquisadas a háptica se demonstrou mais relevante aos usuários na *Interação do usuário com o sistema* e no *Grau de controle que o usuário exerce sobre o sistema*. Estas variáveis se demonstram em acordo aos estudos identificados na pesquisa que demonstram que a háptica atua diretamente na forma que o cenário virtualizado é acessado e percebido. Entretanto, esta contribuição não fica clara ao tratar da semelhança das tarefas efetuadas em referência ao trabalho no mundo real. Esta característica pode ser notada principalmente em ferramentas de imersão que utilizam da háptica no trabalho com objetos de grandes dimensões ou mesmo de formato reduzido como em cirurgias invasivas assistidas por microscopia eletrônica. Nestes contextos é necessária uma adaptação do usuário a um novo modal de acesso e retorno háptico que não seria possível no trabalho manual real. Estas observações combinadas ao referencial teórico traçam as seguintes reflexões:

- *Os sistemas hápticos podem atuar positivamente na percepção que envolve as interfaces do usuário com o sistema.*
- *Os sistemas hápticos não atuam de forma fundamental na percepção de questões que envolvem o sentimento ou relações humanas como o grau de colaboração e contribuição do usuário para o trabalho.*

Ao tratar da contribuição dos sistemas hápticos frente a dimensão da **emoção** os respondentes demonstraram que nas variáveis questionadas a háptica possui um papel pouco ou nada relevante. Durante a investigação teórica realizada as relações emocionais dos usuários com a interface ou mesmo a capacidade do sistema de gerar respostas emocionais não é discutida de forma clara, sendo que o termo emoção poucas vezes foi anunciado pelos pesquisadores na bibliografia desta pesquisa. Entretanto, ficou claro durante a investigação que nos ambientes virtuais o olhar e o gestual podem provocar emoções de empatia com o usuário e até mesmo revelar características emocionais percebidas negativamente pelo

observador. O toque no dia-a-dia provoca referências vinculadas à emoção, como um abraço entre amigos, um empurrão de um desconhecido, e todas as pequenas inferências que podem ser realizadas e percebidas através do toque. Quanto à emoção se traçam as seguintes delineações

- Os sistemas hápticos identificados parecem não buscar prover ao usuário relações tipicamente emocionais de forma planejada.

- A relação de emoção percebida através do toque em sistemas hápticos ainda é um campo incipiente que poderá ser contemplado em pesquisas de Design, Psicologia, Neurociência e outros campos de estudo.

Na dimensão **cognitiva** a sua relevância para os sistemas hápticos ficou clara, as repostas apontaram que a aquisição de conhecimento e os processos cognitivos são importantes tanto na direção sistema > usuário quanto no tratamento do usuário > sistema. Este discurso é complementado por diferentes pesquisadores ao pesquisarem a interface homem computador sobre diferentes contextos envolvendo a háptica. A cognição na sua forma de aquisição de informação é assimilada através de diferentes canais sensoriais como visão, audição, e tato, entretanto observa-se que não existe uma equivalência sensorial que contemple a informação de forma igualitária para todos os canais. O tato permite o acesso a informações que não podem ser completamente compreendidas pela visão como temperatura, pressão, e referências físicas desagradáveis como a dor.

- A construção de protocolos claros e definidos com base na experiência do usuário em sistemas hápticos é fundamental no projeto de sistemas e ambientes de interação através de dispositivos hápticos.

- A implantação de canais sensoriais múltiplos em sistemas de desenvolvimento colaborativo pode auxiliar na cognição e complementar a aquisição de informação do usuário.

- Os sistemas hápticos de interação multimodal e com diversos pontos de acesso começam a apresentar resultados sólidos principalmente na medicina em que dispositivos cirúrgicos fazem uso da háptica para tornar procedimentos menos invasivos.

- A cognição nos ambientes virtuais colaborativos é observada principalmente no discurso que tange a interface entre usuário e sistema na dimensão do campo visual e auditivo, sendo ainda incipiente o discurso ao tratar das questões que envolvem a cognição vinculada à dimensão háptica.

Outro ponto levantado na pesquisa foi se os sistemas hápticos influenciariam de alguma forma a dimensão **estética** das diferentes variáveis pesquisadas. Em acordo ao identificado na referência teórica desta pesquisa a estética não é um ponto de discurso para os pesquisadores atuais da háptica. Entretanto, para o trabalho do designer este pode ser um ponto de discussão já que a estética pode ser lida como uma dimensão da apresentação da interface do software para o usuário. Neste ponto, é possível considerar que existem melhorias a adequações de interface que poderiam ser compreendidas pelo fator estético de apresentação dos sistemas de colaboração para uma melhor experiência de uso.

- Embora as normativas ISO tragam informações quanto a interações entre o usuário e sistema no ambiente adaptado a dispositivos hápticos, não foram encontrados estudos que julguem a acessibilidade do usuário a diferentes operações e interfaces sob o contexto da estética.

- Estudos como experiência de uso, acessibilidade, interação homem computador, cognição poderão contemplar a dimensão da percepção estética para avaliação de sistemas e ambientes virtuais adaptados para dispositivos hápticos.

Cabe observar que as informações identificadas ao longo da revisão teórica e também dos questionários aplicados quanto a valores estéticos e emocionais podem ter resultados “negligenciados” ou direcionados pela formação dos pesquisadores e investigados não ter como base estes fundamentos.

7.4. SÍNTESE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

7.4.1. Questionário 2

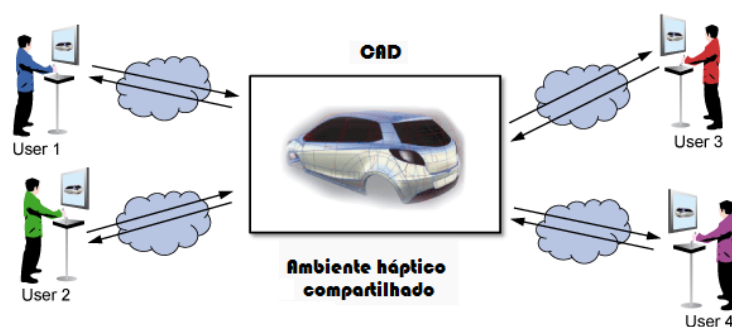
Considerando-se a metodologia de pesquisa incremental uma proposta foi elaborada para o Questionário 2 considerando as respostas do Questionário 1, o referencial teórico da pesquisa e os objetivos específicos do trabalho. A segunda etapa de questionamentos encaminhada para os participantes contempla os seguintes campos: apresentação, discurso análogo ao assunto pesquisado, introdução à pesquisa, questões em formato **Likert** para respostas em caixa de seleção e questão qualitativa aberta. Para esta etapa foram contemplados 6 respondentes. O modelo do questionário (Quadro 12) aplicado via endereçamento eletrônico e disponibilizado online pode ser observado na sequência.

Quadro 12 - Questionário 2
QUESTIONÁRIO 2 – SEÇÃO 1/2

PHCRSMC - Questionário 2

Com os celulares e consoles de games, o retorno háptico se mescla ao dia-a-dia sem uma percepção clara de seu uso como ferramenta. Hoje, laboratórios especializados utilizam o retorno háptico para treinamento em diferentes modalidades e, de forma incipiente, no desenvolvimento colaborativo em cenários virtuais. A figura na sequência adaptada de Schuwerk *et al.* (2012), ilustra uma situação de colaboração com uso de dispositivos hápticos.

O ambiente com retorno háptico compartilhado investigado pelos pesquisadores ainda não se encontra consolidado no modelo de trabalho atual. Este cenário é alvo constante de investigações que também



despontam em visões futuras propostas por escritores e cineastas de ficção.

1. Você considera que a percepção háptica irá se consolidar no futuro como ferramenta de suporte ao desenvolvimento colaborativo síncrono mediado pelo computador? *

	Nada Provável	Pouco Provável	Neutro	Provável	Muito Provável
Perspectiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Qual impacto das dimensões listadas para o incremento de Sistemas Hápticos em ambientes remotos de desenvolvimento? *

	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Fundamental
Estudos da Colaboração em ambientes remotos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implantar Cultura de uso em setores de desenvolvimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conhecimento dos usuários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Estudos da Colaboração em ambientes remotos
 Implantar Cultura de uso em setores de desenvolvimento
 Conhecimento dos usuários
 Interesse das equipes de colaboradores

QUESTIONÁRIO 2 – SEÇÃO 2/2

Práticas de projeto para ambiente remoto
 Práticas Empresariais para busca global de desenvolvedores
 Métodos de Avaliação do trabalho em sistemas remotos
 Uso de Dispositivos Vestíveis sem fio
 Menor custo de implantação de sistemas e dispositivos hápticos
 Miniaturização dos Componentes Tecnológicos
 Velocidade da rede de comunicação (transmissão de dados)
 Softwares de modelamento dedicados
 Incorporar aos ambientes de colaboração outros sentidos através de Dispositivos Multissensoriais
 Maior realismo gráfico dos softwares de desenvolvimento
 Maior realismo no retorno háptico

3. Considerando um cenário futuro de desenvolvimento colaborativo remoto, em quais atividades os sistemas perceptivos hápticos terão maior ou menor relevância? *

	Irrelevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Fundamental
Etapas de planejamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Etapas de desenvolvimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Etapas de verificação e análise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Etapas de planejamento
 Etapas de desenvolvimento
 Etapas de verificação e análise

4. Dispositivos como tablets de toque múltiplo e videogames com câmeras para leitura de movimento do usuário, popularizaram o uso do gesto como meio de interação em diferentes interfaces. Em ambientes de desenvolvimento o gesto com retorno háptico possibilita ao usuário um controle preciso de ferramentas técnicas tais como, instrumentos para análise de estruturas e ferramentas de microscopia. Considerando um cenário futuro de trabalho remoto colaborativo mediado pelo computador, como você sugere a inclusão de sistemas hápticos no desenvolvimento de produtos? *

Comentários

A última questão desta segunda etapa do questionário é aberta e opcional. Caso deseje manifestar sua opinião ou realizar algum comentário, favor redigir ou colar seu texto no quadro abaixo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Este questionário teve como objetivo principal identificar qual a perspectiva de estudos dos sistemas hápticos em referência a diferentes processos de interação, questões de desenvolvimento técnico e percepções dos especialistas acerca do futuro deste campo de pesquisa. O cenário análogo utiliza o trabalho de Schuwerk *et al.* (2012), que trata de uma possível intervenção de um orientador em uma tarefa háptica não especificada. Desta forma,

embora a analogia aplicada possa trazer alguma referência prévia ao objeto de pesquisa não contempla um cenário conclusivo abrindo campo para interpretações diferenciadas.

7.4.2. Relatório dos dados obtidos Questionário 2

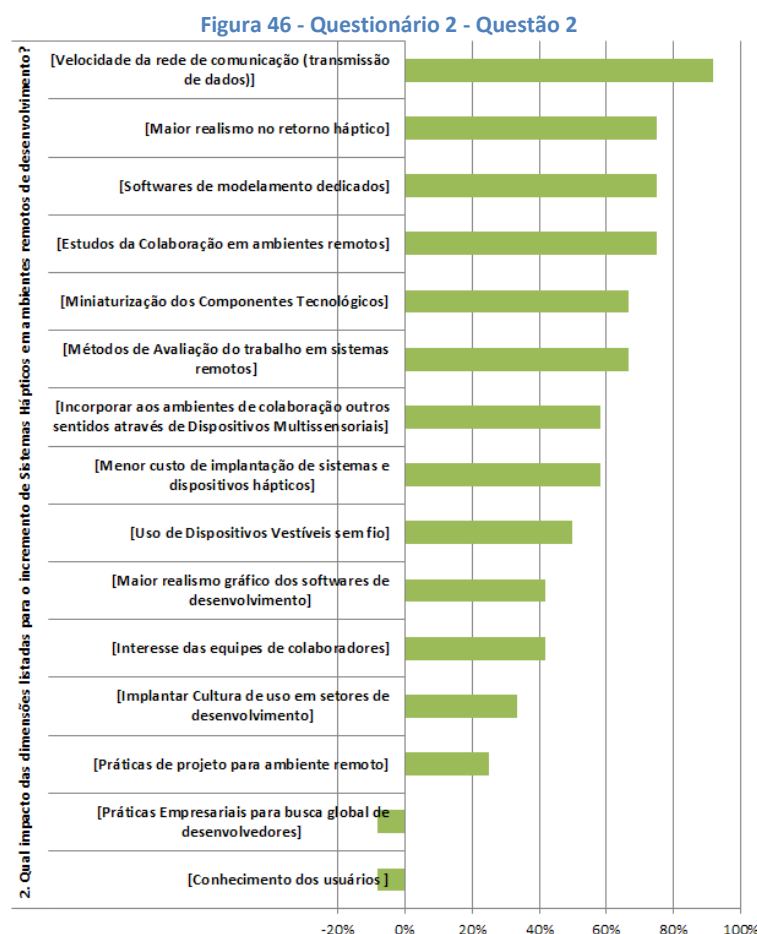
O Questionário 2 foi disponibilizado para respostas durante 10 dias, prazo superior ao estipulado pela pesquisa, entretanto, identificado através do volume de repostas recebidas como ideal para contemplar todos os envolvidos nesta etapa de pesquisa. Após este período não foram mais aceitas respostas e o questionário foi exportado para tabela em formato Excel para o tratamento das respostas.

Como formato de questões foi optado por uma questão qualitativa aberta e as demais em escala Likert através do formato de 5 pontos, utilizando valores nominais qualitativos definidos por Irrelevante; Pouco relevante; Relevante; Muito Relevante e Fundamental; e também por Nada Provável, Pouco Provável, Neutro, Provável e Muito Provável. Assim como no questionário anterior cabe salientar que a utilização da escala Likert sugere uma resolução em modo qualitativo do problema sendo que a transposição de respostas para o modelo de média deve ser observada atentamente para não prejudicar os resultados obtidos em prol da visualização em gráfico. Desta forma, para fim didático de avaliação e visualização das repostas foi utilizado um valor para cada dado nominal. Na primeira questão para visualização em colunas foi atribuído um ponto para cada resposta Nada Provável, Pouco Provável, Neutro, Provável e Muito Provável. Nas questões 2 e 3 para observação do quadro geral de respostas foi atribuído um percentil aos pontos Likert, respectivamente: Irrelevante (-100%); Pouco relevante (-50%); Relevante (0%); Muito Relevante (+50%) e Fundamental (+100%). Após, estes valores foram recalculados para a amostra percentil mediana proporcional, utilizando da fórmula $Am = (N/600) \times 100$.

A primeira questão solicitada nesta segunda etapa de pesquisa questionava sobre a prospectiva de consolidação da háptica como ferramenta de suporte ao desenvolvimento colaborativo mediado pelo computador. Nesta questão, 3(três) respondentes indicaram que o cenário sugerido é Muito Provável, 1(um) que o cenário é Provável, e 2(dois) optaram pela resposta Neutro. O resultado sugere um potencial positivo para a assimilação da háptica nos processos colaborativos.

A segunda questão buscou vincular diferentes variáveis técnicas e também que envolvem o cenário de utilização da háptica para listar possíveis avanços que corroborariam para o incremento do uso de sistemas hápticos em ambientes colaborativos remotos. A Figura 46

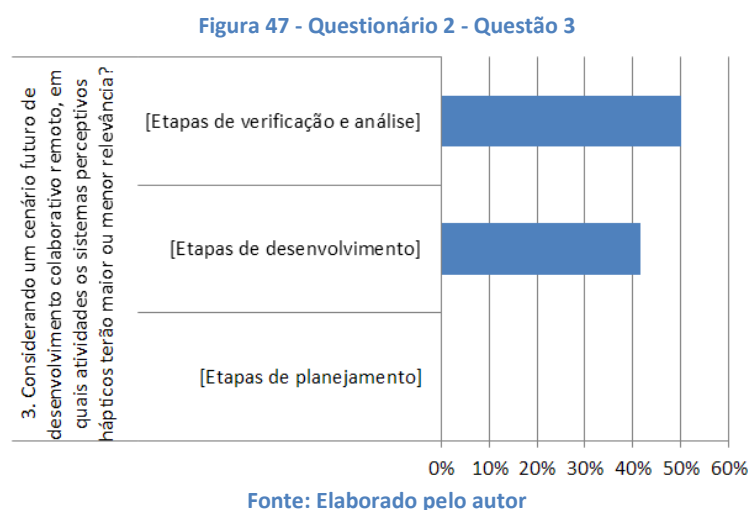
apresenta um gráfico geral dos resultados obtidos através do questionário ordenados da dimensão com maior classificação positiva para de menor classificação positiva.



Fonte: Elaborado pelo autor

Dentro as dimensões questionadas para os participantes, duas obtiveram resultados negativos, [Práticas Empresariais para busca global de desenvolvedores], e [Conhecimento dos usuários]. As demais dimensões questionadas obtiveram destaque positivo no questionamento, tendo recebido em grande maioria notações de Muito Relevante e Fundamental. Como destaque dentre as dimensões com mais probabilidade de gerar resultados incrementais aos sistemas hápticos segundo os usuários temos [Velocidade da rede de comunicação (transmissão de dados)], [Maior realismo no retorno háptico] e [Softwares de modelamento dedicados]. As demais dimensões pesquisadas também obtiveram uma classificação positiva que podem ser compreendidas como ramificações ou derivações da cultura, técnica e processos a serem desenvolvidos para alcance de sistemas hápticos efetivos. Cabe observar que as respostas com maior adesão sugerem aspectos técnicos dos sistemas hápticos, e pode ter sido influenciada pela formação especializada dos investigadores.

Discutindo as etapas básicas do desenvolvimento de produtos e serviços, a questão 3 (Figura 47) investigou em que etapa de projeção os sistemas hápticos teriam maior ou menor relevância.



Ficou claro que para os pesquisados as etapas de planejamento não seriam contempladas pelo uso de dispositivos hápticos. Desta forma, no desenvolvimento e durante as etapas de verificação e análise estes dispositivos estariam presentes contribuindo para o alcance do projeto através de avaliações e testes. A quarta questão deste segundo ciclo de perguntas investigou através de um cenário prospectivo quais seriam as características de inclusão de sistemas hápticos no desenvolvimento de produtos. As respostas dos respondentes foram agrupadas no (Quadro 13) apresentado na sequência.

Quadro 13 - Questionário 2 - Questão 4

4. Dispositivos como tablets de toque múltiplo e videogames com câmeras para leitura de movimento do usuário, popularizaram o uso do gesto como meio de interação em diferentes interfaces. Em ambientes de desenvolvimento o gesto com retorno háptico possibilita ao usuário um controle preciso de ferramentas técnicas tais como, instrumentos para análise de estruturas e ferramentas de microscopia. Considerando um cenário futuro de trabalho remoto colaborativo mediado pelo computador, como você sugere a inclusão de sistemas hápticos no desenvolvimento de produtos?

“Notadamente na etapa de construção, em sistemas onde o retorno tátil seja relevante e nos dê informação precisa sobre o processo de produzir materiais. A etapa de planejamento e verificação também pode ser beneficiada, principalmente na simulação de métodos que devem ser bem treinados para então aplicados. ...” “Sistemas hápticos podem ser inseridos nos mais diversos produtos oferecendo, em cada caso, uma diversidade de recursos aos usuários. Oferecer meios multissensoriais de acesso à informação. Na Educação a Distância, penso que seria interessante termos ferramentas multissensoriais que favorecessem o trabalho colaborativo. “Acredito que os dispositivos hápticos devam ser redesenhados, de forma a combinar com outras tecnologias (como sensores de movimento), oferecendo maior imersão do usuário.” “Nos processos de interação para: - maior envolvimento dos usuários com os sistemas/interfaces - maior controle das ações a partir da percepção das forças envolvidas (por exemplo: tarefas de modelagem) - melhoria da percepção de presença dos usuários remotos” “Os sistemas vibratórios parecem ser mais abrangentes, enquanto que os vestíveis para mãos mais interessantes na troca de objetos e interação entre usuários”

Fonte: Elaborado pelo autor

Os respondentes apontaram para o uso de sistemas multissensoriais em diferentes ambientes como a indústria farmacêutica e no treinamento de fisioterapia como também em processos de desenvolvimento foi sugerida a necessidade de redesenho destes dispositivos para maior adequação ao uso. As respostas desta questão serão discutidas com maior aprofundamento na seção Prospectiva Tecnológica na sequência.

7.4.3. Prospectiva Tecnológica

Partindo-se dos resultados obtidos através deste ciclo de questionamentos das referências pesquisadas sistematicamente durante a fundamentação que dá base a esta pesquisa, e também dos questionamentos realizados no questionário 1 e 2, pôde-se traçar algumas perspectivas quanto ao uso da háptica em sistemas colaborativos. Desta forma, define-se uma síntese prospectiva tecnológica da percepção háptica no design colaborativo síncrono mediado pelo computador sob o contexto desta pesquisa.

O toque possui um papel diferenciado na aquisição e troca de informações. Entre pessoas o toque pode prover uma relação de proximidade através de sinais ou ações de apresentação e cordialidade como um aperto de mãos ou abraço. Em sistemas remotos ou de imersão em um cenário virtualizado a percepção háptica tem se desenvolvido ao longo do tempo para promover um entendimento mais profundo do que é oferecido em termos de artefatos ou experiências de uso ao usuário. Estas características permitem traçar um cenário prospectivo em que as tecnologias de interação háptica, ganham maior destaque nos produtos e serviços e não nas interações interpessoais.

Hoje temos um contato direto com o háptico em sistemas como celulares e jogos eletrônicos e sistemas de treinamento de uso de maquinários. Tecnologias como o desenvolvimento de sistemas cirúrgicos assistidos pelo computador e ambientes de desenvolvimento apresentam o interesse de pesquisadores por novos aprofundamentos da percepção frente ao trabalho proposto. Neste contexto, pode-se dizer que os estudos da háptica apontam para o desenvolvimento constante desta tecnologia, que emergem três principais necessidades:

- Hardware: será importante para consolidar os dispositivos hápticos como ferramentas efetivas de controle, interação e imersão em ambientes colaborativos remotos, atribuir características de design que promovam uma compatibilização ou adequação maior do hardware háptico para o ambiente que o cerca e interesse dos usuários, como apontado por **ISO 9241-910** (2011) e Uva et al. (2010). Assim, verifica-se que existe uma tendência tecnológica que demanda *equipamentos com melhores tecnologias* tratando do uso, interface, e tempo de resposta, que pode levar a componentes de menor dimensionamento

e maior capacidade técnica, Ha et al. (2009); *da interface com o usuário*, que poderá ser alcançada através do redesign destes equipamentos com foco centrado no usuário, Simard e Ammi (2012); *melhor resolução de contato*, promovendo uma referência de toque mais similar ao trabalho real ou com maior precisão no trato de objetos de tamanhos incompatíveis ao manuseio real, Myrghiotti et al. (2013) ; *sensores e rede de comunicação sem atrasos*, para a háptica é importante a informação em tempo real assim os canais de transferência de dados como redes ópticas ou mesmo sem fio poderão ser utilizadas para dinamizar o uso e inferir retornos imediatos ao usuário, Gosselin et al. (2013); *liberdade de movimento*, os dispositivos fixos atuais deverão ser substituídos em grande parte por equipamentos com maior liberdade de movimento permitindo uma integração facilitada de equipamentos hápticos com dispositivos multimodais como capacetes virtuais, Simard e Ammi (2012); *especialização*, como acontece hoje deverão ser disponibilizados dispositivos para uma gama variada de aplicações e demandas o que recorre a estratificação do mercado e especialização dos produtos, O'Malley; Gupta (2008); *normativas*, as normas técnicas deverão ser contempladas nos desenvolvimentos futuros para promover produtos em acordo aos padrões internacionais desenvolvidos por grupos de especialistas, **ISO 9241-910** (2011) e **ISO 9241-920** (2009). Os ambientes virtuais colaborativos como em Bourdot et al. (2010) não deverão, entretanto substituir completamente o uso de teclado e mouse uma vez que em uso bidimensional estes modos de entrada possuem uma grande eficiência frente a tecnológica perceptiva háptica, também de acordo com Lee et al. (2010) deve-se considerar a vinculação dos dispositivos hápticos a outros sensores como a câmeras de rastreamento de movimento hoje populares em consoles de jogos.

- Software: a interação do usuário com o computador se dá através de uma interface física, o hardware, e outra que se baseia no sistema de processamento e operações do periférico interdependente do software. Foram identificados diversos estudos que buscam compreender e incrementar o uso dos dispositivos hápticos através de sistemas com melhor responsividade, Kosmadoudi et al. (2013) e Pungotra et al. (2008) e usabilidade, Nee et al. (2012) . A interação homem-computador atravessa conceitos atuais que emergem estudos da interação homem-homem assistida pela computação, Shen et al. (2008). A ciência da computação para softwares que contemplem uma percepção multissensorial tem sido abordada por grandes empresas como a Intel que recentemente promoveu o primeiro concurso de computação perceptiva (Intel® Perceptual Computing SDK 2013), o que leva a prospectar avanços constantes da tecnologia vinculada à percepção. As demandas de programação para os softwares hápticos poderão se desenrolar com produtos voltados principalmente para a háptica como eixo central da interação do usuário com o sistema, Lai (2009), ao contrário do que ocorre hoje em que grande parte dos softwares procura implantar

a háptica em sistemas já existentes. Para seu funcionamento, os sistemas e seus programadores deverão ser capazes de observar a *colaboração entre usuários* como em Jin et al. (2007) em toda a sua complexidade e *promover soluções inteligentes* que possibilitem dirimir as barreiras tecnológicas atuais com objetivo de aprimorar a experiência de uso, Myrghiotti et al. (2013). Neste sentido os estudos de *design de interface, interação e experiência do usuário* poderão balizar grande parte dos desenvolvimentos em equipes multidisciplinares de programação, O'Malley; Gupta (2008) e Sener e Wormald (2008).

-Modelos e Processos: outro campo que demanda desenvolvimento para o suporte adequado dos sistemas hápticos em ambientes colaborativos são das práticas e processos de projeto, Yuill e Rogers (2012). Desta demanda se prospecta estudos aprofundados vinculados a colaboração e a háptica em ambientes de desenvolvimento remoto como os ambientes virtuais colaborativos, que em estudos incipientes começam a suportar dispositivos hápticos como modo de comunicação e gestão da tarefa, Kucukyilmaz et al. (2013) e Schuwerk et al. (2012). As normas regulamentadoras também atuarão como base de desenvolvimento dos modelos de colaboração com suporte a háptica, já que definem alguns modelos de interação que devem ser contemplados por estes sistemas. O grupo regulamentador da ISO, por exemplo, possui em seu programa de desenvolvimento projetos para definir como os dispositivos hápticos devem atuar em cenários multiusuários e multimodais, este estudo ainda não possui data para realização.

O desenvolvimento de novas normas poderá contemplar um grande passo para a efetivação dos sistemas hápticos como alternativa para o desenvolvimento de projetos e aplicações complexas de interação imersivas. As empresas deverão cada vez mais buscar parceiros e membros que irão colaborar de forma remota com a organização com expertises não identificadas no mercado local ou sobre contexto de trabalho que se voltam a projetos internacionais trazendo a vivência local para o design. Este tipo de integração com equipes remotas impactará de forma efetiva na forma de gestão e no modo de operação dos setores de recursos humanos frente aos funcionários ou colaboradores. Para tanto, se prospecta o desenvolvimento de processos que contemplem a colaboração remota e também o uso de sistemas hápticos nas fases de avaliação e desenvolvimento de produtos e serviços.

Para as etapas de planejamento, conforme a pesquisa efetuada, o uso de sistemas hápticos deverá ser reduzido. É importante ressaltar que no desenvolvimento remoto os pares irão interagir com outros membros da equipe que poderão ser representados por avatares, e nesta direção os sistemas deverão contemplar processos e modelos de interação complexos para viabilizar uma comunicação ampla entre os membros da equipe e os interessados no projeto,

inclusive colaboradores externos a organização poderão atuar de forma pontual co-criando os produtos e serviços.

7.5. MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS

7.5.1. Questionário 3

O último questionário disponibilizado aos participantes da pesquisa utilizou de abordagem qualitativa em campos de resposta aberto. O Questionário 3 encaminhado aos participantes contempla os seguintes campos: apresentação, discurso análogo ao assunto pesquisado, introdução à pesquisa, questões em formato qualitativo **aberto** para respostas em caixa de texto. Para esta etapa dos 6 participantes respondente se obteve apenas 3 retornos foram alcançados no tempo destinado a pesquisa. O modelo do questionário aplicado via endereçamento eletrônico, e disponibilizado online pode ser observado na sequência.

Quadro 14 - Questionário 3

QUESTIONÁRIO 3 – SEÇÃO 1/2

 Morfeu: O que é real.? Como você define o real.? Se estiver falando do que consegue sentir, do que pode cheirar, provar, ver, então real são simplesmente sinais elétricos interpretados pelo cérebro. Este é o mundo que você conhece. O mundo como era no final do século 20. Ele só existe agora como parte de uma simulação neuro interativa que chamamos de Matrix. WACHOWSKI, A.; WACHOWSKI, L. The Matrix (Matrix). Ficção, Warner Bros, 1999.

Em um futuro possível, aplicações de desenvolvimento à distância poderão contemplar de forma efetiva estímulos sensoriais que hoje se apresentam como desafios tecnológicos. A miniaturização de componentes, assim como novas abordagens para transmissão de energia e dados poderão tornar os dispositivos vestíveis e até mesmo implantes, comuns a diferentes cenários do dia-a-dia.



Considerando um cenário futuro em que a barreira técnica atual de desenvolvimento dos dispositivos sensoriais foi superada, comente sobre os aspectos a seguir:

QUESTIONÁRIO 3 – SEÇÃO 2/2

1. Quais as principais características que deverão compor a experiência do usuário na colaboração remota? *

Caso prefira, copie e cole sua resposta no campo abaixo.

2. Sob seu entendimento a capacidade de sentir usuários e objetos simulados em ambientes virtuais, emerge quais OPORTUNIDADES? *

Caso prefira, copie e cole sua resposta no campo abaixo.

3. Sob seu entendimento a capacidade de sentir usuários e objetos simulados em ambientes virtuais, emerge quais AMEAÇAS? *

Caso prefira, copie e cole sua resposta no campo abaixo.

Comentários

A última questão deste questionário é aberta e opcional. Caso deseje manifestar sua opinião ou realizar algum comentário, favor redigir ou colar seu texto no quadro abaixo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta última etapa teve como intenção identificar características gerais que não tenham sido identificadas ao longo do trabalho, e validar dados já abordados por outros autores nas revisões bibliográficas. O cenário análogo utiliza uma passagem do filme de ficção *The Matrix* (Matrix) gravado pelo estúdio Warner Bros em 1999. A intenção do discurso selecionado é prover uma reflexão de características futuras de sistemas avançados de desenvolvimento háptico e identificar possíveis lacunas não discutidas anteriormente. As questões abertas viabilizam um discurso livre do respondente ao abordá-lo de forma qualitativa.

7.5.2. Relatório dos dados obtidos Questionário 3

O questionário 3 foi disponibilizado para os sujeitos participantes durante o período de duas semanas, obtendo apenas 3 respondentes antes de ter fechado o recebimento de novas respostas. A primeira pergunta aplicada buscou identificar características em um cenário futuro que comporia a experiência do usuário na colaboração remota. O (Quadro 15), apresenta um resumo geral das respostas recebidas através desta pergunta.

Quadro 15- Resumo respostas - P1Q3

1. Quais as principais características que deverão compor a experiência do usuário na colaboração remota?

É uma pergunta de resposta difícil, pois a colaboração remota, ainda que gere todas as sensações recebidas pelos sentidos do ser humano, não transmite o "espírito" das pessoas. Somente a reprodução completa de um ser seria capaz de tal façanha. A principal característica será a possibilidade da percepção. Sensação de presença, ampliada por visualização estereoscópica (monitores auto-estéreo) dos demais presentes, respostas em tempo-real a ações realizadas durante a colaboração, sensações táteis na troca de objetos entre os usuários.

Fonte: Elaborado pelo autor

Classificando as respostas dos respondentes em características da interação humana e questões técnicas, observamos os seguintes apontamentos: As sensações da interação háptica com outros usuários não conseguem transmitir uma informação íntima do usuário que se fazem normais na interação face a face. Este tipo de redução perceptiva só seria alcançada em sua totalidade nas relações reais e com grandes reduções em sistemas multissensoriais. A sensação de presença deverá ser um grande ponto nos dispositivos colaborativos modernos.

Dentre as características técnicas destes sistemas deverão ser observadas, segundo os respondentes, a visualização autoestereoscópicas do ambiente e participantes através do uso de monitores avançados ou dispositivos vestíveis inteligentes como os HMD (Head Mounted Displays). O papel da rede de comunicação também deverá proporcionar a troca de dados como menor intervalo de tempo e resposta possível entre participantes para reduzir desconfortos como atrasos nas mensagens distribuídas nos diferentes canais comunicacionais. Por último, foi destacado que usuários e objetos deverão contemplar referências hápticas distintas em momentos de colaboração.

A próxima questão buscou investigar através de uma redução das componentes da Matriz SWOT, quais as oportunidades apresentadas com a capacidade de interação e percepção háptica dos objetos e pessoas representadas através de elementos virtuais simulados. As respostas desta questão são apresentadas no (Quadro 16), a partir de um resumo geral das informações recebidas.

Quadro 16 - Resumo respostas - P2Q3

2. Sob seu entendimento a capacidade de sentir usuários e objetos simulados em ambientes virtuais, emerge quais OPORTUNIDADES?

Ensino: novas possibilidades de aprendizado para conceitos e temas cuja compreensão física dos objetos é importante; treinamento: em algumas áreas, o aprendizado de atividades depende da compreensão de aspectos físicos dos elementos envolvidos no processo. Exemplos: dar uma injeção, imprimir força ao encaixar uma peça em uma montagem. Entretenimento: oportunidade de imprimir maior realismo aos jogos Emergem em atividades ou propostas que ofereçam estímulos multissensoriais. Oportunidades de aproximar todos os eventos nos quais a distância é um fator adverso. Presença em shows, aulas, encontros com parentes, etc. As possibilidades seriam várias.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os respondentes apontaram algumas características que podem ser observadas como oportunidades para aplicação e desenvolvimento dos sistemas hápticos no design de produtos e serviços. Abordando questões de aprendizagem em ambientes virtuais foi ressaltada a capacidade de utilizar estes cenários virtualizados para o treinamento em diferentes áreas que solicitam a compreensão tato-pressão de elementos de interação. Como em treinamentos em medicina e atividades industriais. Sob o contexto do entretenimento, os consoles poderão se utilizar de estímulos hápticos avançados para imprimir uma imersão maior do usuário em cenários multissensoriais. Em ambientes de trabalho colaborativo e eventos públicos remotos os estímulos hápticos e demais canais sensoriais poderão oferecer ao usuário uma percepção de presença através da resposta remota oferecida pelos dispositivos de interação. Neste ponto as interações poderiam oferecer variados modelos e sistemas de interação conforme atividade experiencial pretendida.

A última pergunta efetuada aos participantes finalizando a pesquisa de campo buscou identificar através da componente Ameaça da Matriz SWOT, características que poderão ser prejudiciais ou que deverão ser observadas no desenvolvimento de sistemas de design colaborativo síncrono em ambientes remotos. Um resumo destas repostas é apresentado no (Quadro 17) na sequência.

Quadro 17 - Resumo respostas - P3Q3

3. Sob seu entendimento a capacidade de sentir usuários e objetos simulados em ambientes virtuais, emerge quais AMEAÇAS?

Com mais realismo, espera-se um maior envolvimento. Assim, será importante controlar os usuários (ou tipos de) com acesso às aplicações. Nunca pensei a este respeito. Acredito que o conceito de privacidade e individualidade serão revistos. Não dá para imaginar as consequências desse tipo de tecnologia com a mentalidade humana atual.

Fonte: Elaborado pelo autor

Sob o entendimento dos respondentes o realismo dos ambientes virtuais proporcionado pelos avanços tecnológicos trará um envolvimento percebido muito maior aos usuários. Desta forma, é importante definir critérios para inclusão e exclusão de usuários em ambiente colaborativos ou de acesso social virtualizado para definir padrões de conduta equilibrados. Um grande ponto a ser observado cabe a privacidade do usuário e sistema. Identificando que os dispositivos de retorno multissensoriais vinculados a exteriorização do usuário através de avatares poderá gerar situações de conflito e interações negativas, impactando de formas diversas questões psicológicas e culturais da interação social humana.

7.5.3. Mapeamento de Características

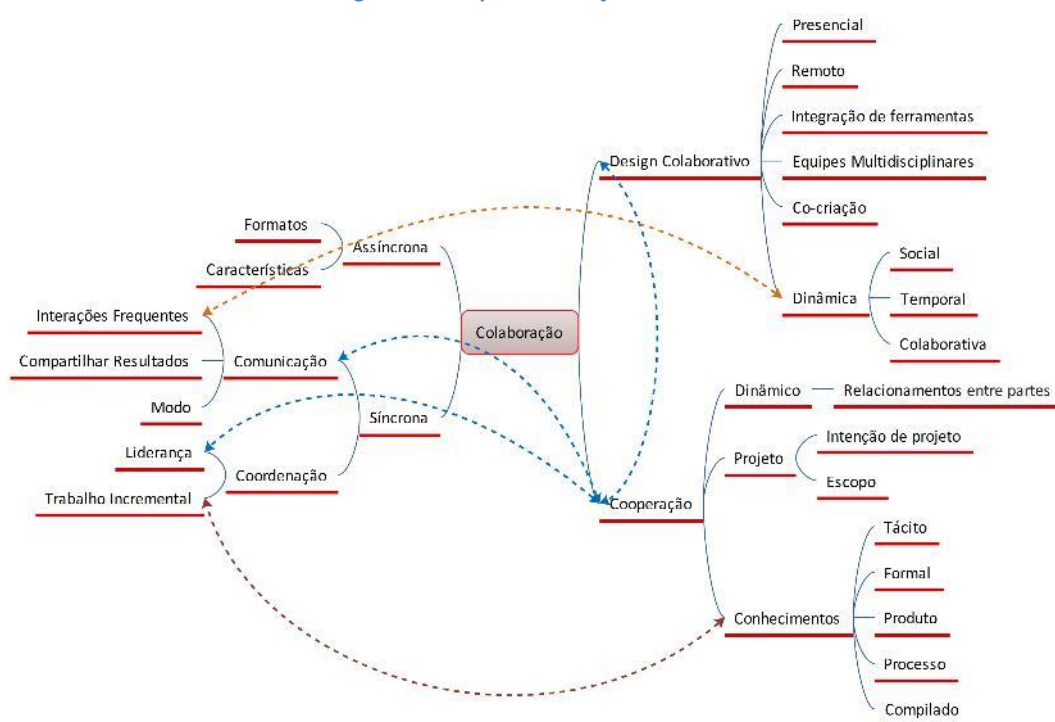
Contemplando os questionários aplicados e os dados identificados nas revisões bibliográficas utilizadas ao longo deste documento, esta sessão faz o mapeamento de características que podem definir sistemas e práticas aplicadas para a percepção háptica no design colaborativo síncrono mediado pelo computador. Os mapas foram desenvolvidos através de software de mapeamento mental e de processos e foi estruturado através das observações derivadas da pesquisa. Como têm base no conhecimento adquirido pelos autores é possível desenvolver diferentes arranjos para o dados constituintes de modo que este não deve ser compreendido como uma estrutura fixa mas sim um conjunto de informações orgânico que possui flexibilidade e assume novas composições.

Os mapas abordam a visão de diferentes pesquisadores e também as regulações orientadas pelas normas ISO discutidas no documento, pode-se observar itens em conflito como também características que sob ótica interdisciplinares são complementares. Considerando a complexidade do tema e os diversos tópicos envolvidos foram desenvolvidos mapas divididos conforme os capítulos teóricos desta dissertação contemplando, Colaboração, Ambientes Virtuais, Informação e Percepção e Háptica. O mapeamento completo de cada tema pode ser

observado nos Anexos 5; 6; 7 e 8 deste documento. As informações na sequência apresentam algumas das observações que podem ser efetuadas através dos resultantes desta sessão. É importante notar que esta seção deve ser compreendida em conjunto as Perspectivas Tecnológicas listadas anteriormente.

Apresentando a colaboração (Figura 48) como corpo central de discurso verifica-se que o design colaborativo se configura em cenários presenciais ou remotos. Nestes cenários é importante que ocorram a integração de ferramentas que possibilitem a gestão de equipes multidisciplinares. Que devem ser constituídas por membros com competências complementares e também por usuários testando, manipulando e atuando de forma direta na modificação dos produtos, como apontam estudos atuais de co-criação. As principais dinâmicas envolvidas neste processo são a social, a temporal, e a colaborativa que recaem sobre processos de cooperação, comunicação e coordenação.

Figura 48 - Mapa Colaboração Resumido



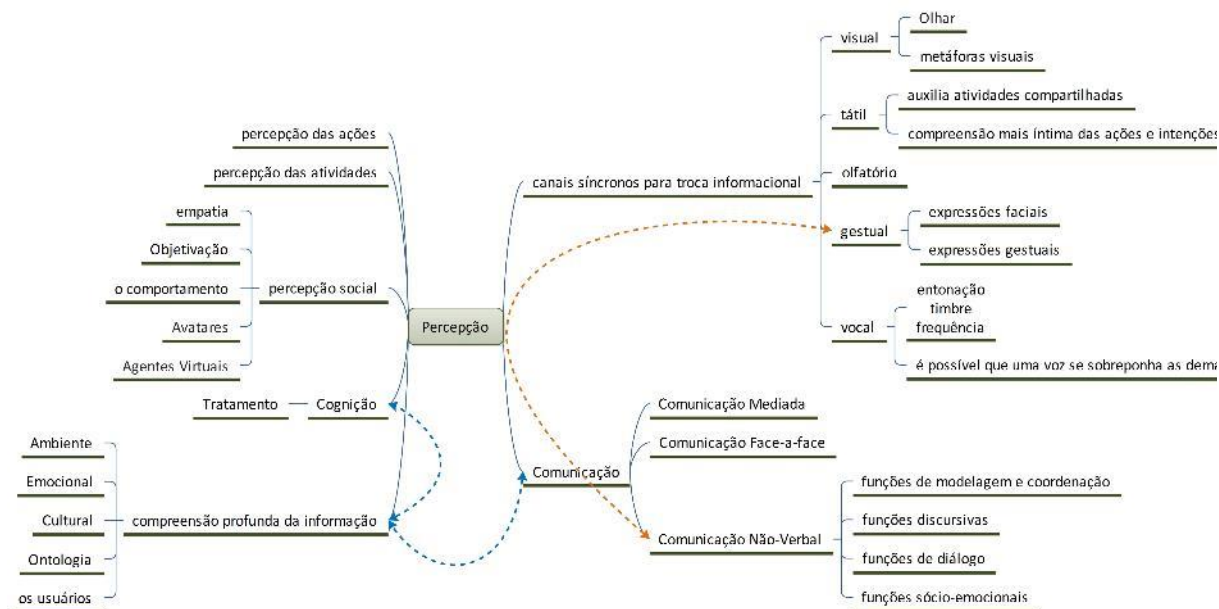
Fonte: Elaborado pelo autor

Estes processos embora descritos de forma distinta por alguns pesquisadores incidem em conhecimentos interdisciplinares em que se observam vínculos como a geração do conhecimento através do trabalho incremental. Este trabalho deve ser comunicado através de interações frequentes e coordenado por um papel de liderança flexível que se volta a eliminar entraves recorrentes de projetos como conflitos, atrasos e falhas. Um ponto chave da colaboração é a sincronização de conhecimento seja com processos mais lentos de compartilhamento de resultado através ferramentas assíncronas como e-mail, cartas ou

mensagens de texto, como também através de processos síncronos que envolvem a comunicação mediada, e também a comunicação face-a-face.

A compreensão das informações que podem ser provenientes de diferentes canais de comunicação recaem nos estudos da percepção (Figura 49) que abordam na comunicação face-a-face a troca de informacional síncrona. Nesta modalidade os envolvidos podem se utilizar da voz; de gestos (que podem ser voluntários como demonstrar um produto ou sinalizar um erro, como também involuntários como expressões geradas pela face); o canal olfatório que nesta pesquisa não é aprofundado; o canal visual, utilizado recorrentemente para identificar ícones, simbolismos e indicar posicionamento e interesse no locutor e o canal tátil que recorre a uma relação pessoal do usuário pois solicita normalmente a proximidade da pessoa com objeto ou outro envolvido.

Figura 49 - Mapa Percepção Resumido

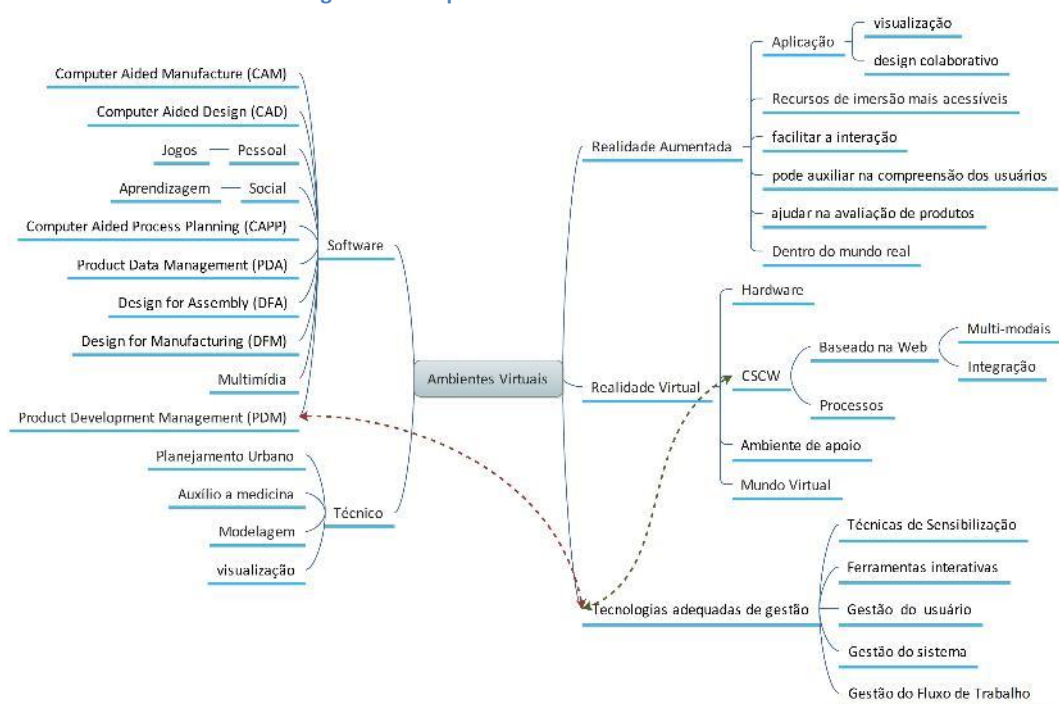


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao tratar da percepção síncrona em ambientes remotos são discutidas as percepções das ações, das atividades executadas e a percepção social. Esta última trata de como as interações colaborativas são compreendidas pelos usuários através de relações de confiança que produzem ou de empatia, relacionadas e em especial sobre os agentes virtuais e como as simulações humanas para instruções são aceitas e interpretadas. A percepção emerge de uma compreensão profunda das informações relacionada ao ambiente; as questões emocionais; culturais, ontológicas e aos usuários em si. Nestes pontos são avaliados o envolvimento com o cenário; a presença espacial; as intenções nas ações; o valores intrínsecos de comportamento social; e os significados através do meio.

Os ambientes virtuais (Figura 50) para o desenvolvimento colaborativo foram abordados em duas configurações macro durante a pesquisa, realidade aumentada que traz elementos virtuais para o mundo real através do uso de óculos de realidade virtual entre outros dispositivos; e a realidade virtual, que trata de ambientes de baixa ou alta imersão. As principais características da realidade aumentada se referem em geral ao menor custo de implantação; a interação co-localizada facilitada; uso em períodos de avaliação e sua fácil inserção no mundo real. A abordagem da realidade virtual foi mais aprofundada e tratou de ambientes técnicos para a modelagem e visualização; os hardwares e softwares utilizados; e características dos ambientes de trabalho colaborativo de apoio e mundos virtuais.

Figura 50 - Mapa Ambientes Virtuais Resumido



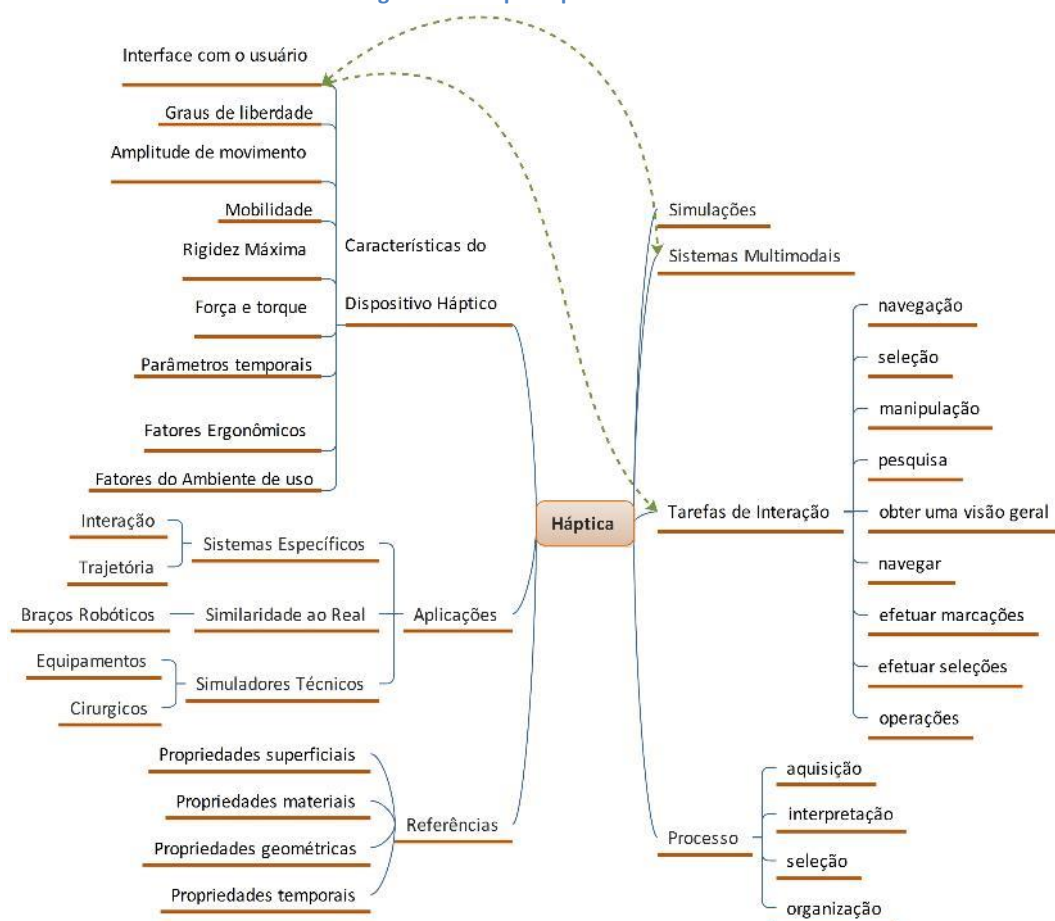
Fonte: Elabora pelo autor

A integração de softwares CAD aos ambientes virtuais colaborativos, traz um cenário de alta complexidade que permite em sistemas flexíveis a customização de ferramentas e uma abordagem centrada no usuário. Esta integração de ferramentas CAD aos ambiente virtuais demanda alto processamento para o trabalho com dispositivos multissensoriais. Os ambientes de desenvolvimento colaborativo são complexos e possibilitam a integração de diferentes elementos dinâmicos; a presença de diferentes atores; e deve ser adaptado a situação do projeto compreendendo o design colaborativo e as necessidades de gestão. Dentre as práticas de gestão nestes ambientes existem a gestão do usuário; do próprio sistema de desenvolvimento e do fluxo de trabalho que deve viabilizar a integração eficiente dos usuários e dados do projeto. Como auxílio, podem ser utilizadas ferramentas interativas intuitivas e

técnicas de sensibilização do usuário buscando um maior grau de imersão no sistema e projeto em fluxo.

Dentre os dispositivos multimodais que permitem a imersão nos ambientes virtuais, existem dispositivos de trajetória que identificam o percurso executado pelo usuário, como câmeras, GPS, acelerômetros e grades indutivas; e dispositivos de interação que fazem a interface entre as intenções do usuário e o meio, como mouse, teclado, microfone e monitores tácteis. Os dispositivos hápticos (Figura 51) se encontram primordialmente na categoria de dispositivos de interação, embora muitos hardwares possuam características combinadas de interação e trajetória para melhor integração ao sistema. Com a háptica pode-se utilizar simulações que geram retornos táteis do ambiente como interações com artefatos, o próprio ambiente e outros usuários; como também, retornos através do ambiente que remetem a percepção de estados, ações e atividades.

Figura 51 - Mapa Háptica Resumido



Fonte: Elabora pelo autor

As aplicações da háptica se volta a sistemas específicos de interação, com foco na manipulação, movimentação e uso de artefatos virtuais; ambientes técnicos de simulação

como treinamento de equipamentos e procedimentos cirúrgicos; e em sistemas que simulam referências reais como braços robóticos. Nestes ambientes de uso as interações através da háptica exercem práticas e atividades variadas como: navegação, seleção, manipulação, pesquisa e operações. A adequação destes dispositivos ao uso mais adequado ao operador emerge fatores ergonômicos como liberdade, amplitude de movimento, força, rigidez, e também a compreensão do ambiente ao qual será inserido.

O processo cognitivo pelo qual o usuário interage com o ambiente passa por etapas de aquisição da informação, através de canal sensorial tátil, cinestésico, a propriocepção e a identificação de estímulos e seus significados. Esta informação é então interpretada frente ao ambiente e ao próprio usuário, o que solicita um aprendizado para uma processo cognitivo facilitado. Após, as informações são selecionadas ou diferenciadas e então organizadas tanto do usuário ao sistema quanto sistema usuário. Para que todos os processos atuem com informações adequadas são destacados principalmente através da **ISO 9241-920** (2009) e outros autores características de entrada como propriedades superficiais, materiais, geométricas e temporais. A entrada de dados no sistema, vinculada ao processamento e capacidade de resolução do sistema háptico pode conferir aos usuários resultados similares ao mundo real ou ainda representativos do cenário ao qual se propõe a imersão.

Observou-se que a percepção é o grande elemento de articulação para a compreensão dos sistemas e atividades propostos. Sem esta não se compreende o processo colaborativo, como também não se imerge nos ambientes virtuais e não se tem a base referencial da háptica em relação a sensação tátil real do usuário.

8. CAPÍTULO 8 | CONCLUSÕES

A háptica é um campo que se encontra em profunda extensão tendo recobrado notoriedade dentro das temáticas de pesquisa com os avanços nas tecnologias de comunicação em rede e também o desenvolvimento da microeletrônica que tem alcançado patamares cada vez mais avançados de processamento e capacidade de integração mecânica. Como problema desta pesquisa buscou-se responder *qual o papel da modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador?* Verificou-se que o uso de dispositivos hápticos em ambientes de desenvolvimento é abordado principalmente na dimensão individual do trabalho com foco na sensibilização do toque. Também foi identificado que embora o discurso dos ambientes virtuais colaborativos tenha destaque crescente na indústria e academia, representa desafios de implantação e gestão que devem ser investigados como exemplo, o uso de dispositivos hápticos com base no discurso do design colaborativo envolvendo múltiplos usuários de forma síncrona.

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação observou-se a atual proximidade dos sistemas hápticos do campo da medicina. Os equipamentos hápticos desenvolvidos para a interface homem computador poderão fazer um intercâmbio com os avanços da robótica em prototipagem e próteses. Espera-se que o uso de tecnologias de diferentes áreas de conhecimento poderá prover ambientes de colaboração virtual mais ricos e adequados ao trabalho com dispositivos hápticos, assemelhando aos modelo de trabalho real e aprimorando características que são viabilizadas pela tecnologia.

Como objetivo geral desta pesquisa buscou-se determinar o papel da modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador. Para tanto, ao longo da dissertação o objetivo geral foi destrinchado em três premissas que foram investigadas para aprofundamento da questão. A pesquisa contou com uma Revisão Bibliográfica Sistemática dos temas envolvidos (Colaboração, Ambientes Virtuais, Informação e Percepção, e Háptica) e questionário aplicado a especialistas da área seguindo metodologia adaptada pelo autor dos métodos Delphi e Sinética. O produto final que estabelece a determinação levantada como objetivo geral é composto por um mapeamento de características e propostas de pesquisa, em formato de paradigmas e perspectivas, como também sugestões para o aprimoramento do design colaborativo síncrono mediado pelo computador apoiado por dispositivos hápticos.

A primeira premissa foi que *os dispositivos hápticos poderiam melhorar consideravelmente a percepção dos usuários no design colaborativo síncrono mediado pelo computador*. Esta

premissa não pode ser comprovada de forma definitiva. Estudos identificados ao longo deste trabalho demonstraram que a háptica pode colaborar na identificação de características de objetos virtuais como também no treinamento de usuários para execução diferentes tarefas em ambientes virtuais. Os dispositivos hápticos identificados na pesquisa possibilitam simulações táteis bastante restritas pela tecnologia (hardware) e muitos dos autores que investigaram o tópico da percepção demonstram acesso apenas a dispositivos sem grande resolução, o que pode ser vinculado principalmente ao custo de acesso a ferramentas mais avançados.

Ao tratar especificadamente da colaboração os estudos se voltam a compatibilização de interfaces para uso de diferentes sistemas integrados e a busca de protocolos para identificação de etapas da comunicação colaborativa através da háptica. Embora demonstrados resultados positivos para práticas hápticas comunicacionais de troca de turno e treinamento guiado, a colaboração em ambientes imersivos como proposta investigativa deste trabalho ainda se encontra incipiente e fica claro que novos estudos deverão se desenvolver neste campo.

A segunda premissa deste trabalho estima que *falhas comunicacionais podem ser vinculadas a falta de estímulos sensoriais, como o tato, tornando explícito o conteúdo demonstrado ou o objeto investigado dentro do sistema colaborativo*. Observou-se que na maioria dos sistemas remotos a colaboração ocorre através de trocas informacionais síncronas ou assíncronas vinculadas principalmente aos canais de comunicação visual, auditivo e da interface de mouse, teclado e telas tangíveis. Ficou claro que a percepção é em grande parte prejudicada pelo uso de interfaces de comunicação, seja através de texto ou imagem a percepção na comunicação intermodal é menor do que a percebida através de contatos face-a-face. O uso de dispositivos hápticos foi apontado pelos autores identificados como um dos possíveis incrementos para aprimoramento de trocas informacionais em ambientes colaborativos, como em simulações cirúrgicas, ambientes de treinamento e reabilitação, e também em cenários simplificados de desenvolvimento.

O acesso a estímulos multissensoriais como a háptica podem favorecer a percepção de imersão do usuário e promover relações simuladas com o objeto ou ambiente como a cinestesia e o tato. No entanto, é necessário observar que o acesso a diferentes estímulos emerge uma carga cognitiva para compreensão que pode sobrepujar informações importantes para o operador. Desta forma, é necessário identificar que os aprimoramentos são possíveis mas dependem da interface proposta pelo ambiente e da gestão das respostas do sistema para o usuário através de processos adequados de hardware e software. Esta premissa é identificada no contexto de pesquisa como plausível pois depende de estudos

aprofundados da cognição e como a relação usuário sistema pode ser aprimorada pelo uso de diferentes dispositivos e canais sensoriais.

A terceira premissa para esta pesquisa supõe que *o uso de ambientes virtuais colaborativos se dará em um momento futuro através de dispositivos multissensoriais que atuarão em diferentes canais comunicacionais para prover uma imersão completa*. Esta premissa é demonstrada plausível através dos estudos identificados neste trabalho. Com todos os dados levantados pode-se afirmar que haverá um cenário de convergência entre tecnologias móveis, sistemas hápticos, dispositivos multimodais e ambientes de desenvolvimento remoto. Entretanto afirmar como será executada esta operação considerando o grau de complexidade que estes sistemas demandam para o funcionamento exige novos estudos e aprofundamentos que não foram contemplados neste trabalho. Assim, este campo de pesquisa é amplo e recorre a conhecimentos multidisciplinares para construir um corpo de desenvolvimento especializado capaz de solucionar os problemas atuais que os sistemas hápticos enfrentam para sua implantação em cenários multimodais e multissensoriais.

8.1. Orientações a futuros pesquisadores

Para os pesquisadores que buscam se aprofundar no tema desta pesquisa sugere-se que busquem fontes atualizadas com uma janela de tempo bastante restrita já que o tema envolve tecnologias que estão em constante avanço com um cenário rapidamente mutável. Quanto o que pesquisar, sugere-se a investigação dos seguintes temas correlatos: engenharia de groupware, engenharia cognitiva, engenharia semiótica, design colaborativo e práticas de comunicação através do tato/háptica. Outros caminhos práticos e teóricos para aprofundamento do tema como a filosofia do design, psicologia comportamental e estudos sociais sobre as relações culturais interpessoais também poderão auxiliar na composição do corpo de conhecimento sobre este tema que é multidisciplinar. É também importante acompanhar novos lançamentos de livros, eventos, documentários, filmes e sites especializados para observar tendências e possibilidades de uso e aplicação. De igual importância deve-se observar as normas e regulações nacionais e internacionais que possam surgir tratando da háptica e da colaboração em ambientes multimodais.

Embora este documento não contemple um estudo de caso ou investigações laboratoriais, sugere-se aos pesquisadores que possuem acesso a dispositivos hápticos com um ou mais pontos de contato e principalmente dispositivos vestíveis com retorno de força, a aplicação de testes com foco em aprimorar protocolos de negociação aqui disponíveis ou de estudos correlatos em ambientes multimodais. Também cabe a orientação para a identificação de possíveis parceiros tecnológicos e pesquisadores de outras instituições que possam colaborar

no desenvolvimento do trabalho de pesquisa científica do tema. Muitos documentos identificados parecem convergir para uma mesma conclusão e não provém uma verdadeira inovação no tema que poderia ser melhor articulada por uma equipe especializada orientando e colaborando com o trabalho.

O projeto de execução da normativa ISO 9241-930, que trata de questões hápticas em sistemas multimodais e ainda não teve início programado. Sugere-se a pesquisa de quais orientações podem ser traçadas para a interação na modalidade sensorial tato-pressão, estimulada por dispositivos hápticos, no design colaborativo síncrono mediado pelo computador. Como também, a investigação de sistemas multimodais que possam ser auxiliados pela modalidade sensorial háptica. Esta pesquisa poderá fornecer recomendações para a prática do design colaborativo em ambientes virtuais imersivos e/ou multimodais com o uso de dispositivos hápticos.

Uma vez que a engenharia de groupware lida com questões da colaboração em diferentes modalidades de sistemas, sugere-se um discurso sobre o viés do design colaborativo síncrono mediado pelo computador. Dentre as entregas possíveis para uma pesquisa futura destacam-se:

- A identificação de características que contemplem a colaboração e a comunicação através do sentido tátil
- A identificação de sistemas multimodais que possam ter atividades colaborativas auxiliadas pela háptica
- Orientações guia para o desenvolvimento de práticas ou sistemas de design colaborativo com uso de ferramentas hápticas que atendam os quesitos, produtividade e qualidade no trabalho colaborativo, segurança da informação e impactos do perfil do usuário no trabalho colaborativo.
- Uma base de consulta teórica contemplando: engenharia de groupware, engenharia cognitiva, engenharia semiótica, design colaborativo e práticas de comunicação através do tato/háptica

REFERÊNCIAS

- ANDREAS, K.; TSIATSOS, T.; TERZIDOU, T.; POMPORTSIS, A. Fostering collaborative learning in Second Life: Metaphors and affordances. **Computers & Education**, v. 55, n. 2, p. 603 – 615, 2010.
- ANTLE, A. N.; WISE, A. F. Getting Down to Details: Using Theories of Cognition and Learning to Inform Tangible User Interface Design. **Interacting with Computers**, v. 25, n. 1, p. 1–20, 2013.
- BALAGUER, D. L. **E o futuro, de que é feito afinal? Acerca de uma Hipótese Sobre a Natureza do Futuro e de uma Proposta para Prospectiva Tecnológica**, 2004. Dissertação, São José dos Campos, SP -Brasil: Instituto Técnico de Aeronáutica.
- BARCELLINI, F.; DÉTIENNE, F.; BURKHARDT, J.-M.; SACK, W. A socio-cognitive analysis of online design discussions in an Open Source Software community. **Interacting with Computers**, v. 20, n. 1, p. 141 – 165, 2008.
- BARTENBACH, V.; SANDER, C.; PÖSCHL, M.; et al. The BioMotionBot: A robotic device for applications in human motor learning and rehabilitation. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 213, n. 2, p. 282 – 297, 2013.
- BAXTER, M. **Projeto de produto : guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.
- BAYLOR, A. L.; KIM, S. Designing nonverbal communication for pedagogical agents: When less is more. **Computers in Human Behavior**, v. 25, n. 2, p. 450 – 457, 2009.
- BENALI-KHOUDJA, M.; HAFEZ, M.; KHEDDAR, A. VITAL: An electromagnetic integrated tactile display. **Displays**, v. 28, n. 3, p. 133 – 144, 2007.
- BOCK, C.; ZHA, X.; SUH, H.; LEE, J.-H. Ontological product modeling for collaborative design. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 4, p. 510 – 524, 2010.
- BOEIJEN, A. VAN; DAALHUIZEN, J. **Dictaat Delft Design Guide**. Delft, Holanda: Faculteit Industrieel Ontwerpen, 2010.
- BOURDOT, P.; CONVARD, T.; PICON, F.; et al. VR–CAD integration: Multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models. **Computer-Aided Design**, v. 42, n. 5, p. 445–461, 2010.
- BRUNO, F.; MUZZUPAPPA, M. Product interface design: A participatory approach based on virtual reality. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 68, n. 5, p. 254 – 269, 2010.
- CHANDRASEGARAN, S. K.; RAMANI, K.; SRIRAM, R. D.; et al. The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems. **Computer-Aided Design**, v. 45, n. 2, p. 204 – 228, 2013.
- CHANG, Y.-H.; CHEN, Y.-T.; CHANG, C.-W.; LIN, C.-L. Development scheme of haptic-based system for interactive deformable simulation. **Computer-Aided Design**, v. 42, n. 5, p. 414–424, 2010.

CHELLALI, A.; DUMAS, C.; MILLEVILLE-PENNEL, I. Influences of haptic communication on a shared manual task. **Interacting with Computers**, v. 23, n. 4, p. 317–328, 2011.

CHEN, K.-M.; CHEN, L.-L.; SHEN, S.-T. Development and comparison of a full-scale car display and communication system by applying Augmented Reality. **Displays**, v. 29, n. 1, p. 33–40, 2008.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**, p. 11, set. 2011. Porto Alegre, RS.

COSTA, M. I. Procedimentos estrutural, construtivo, colorístico e combinado: uma proposta do design para a transformação do substrato têxtil. **Actas de Diseño**, v. 3, n. Foro Escuelas de Diseño - Facultad de Diseño y Comunicación - UP, p. 100–103, 2007.

DAGMAN, J. P.; KARLSSON, M.; WIKSTRÖM, L. Investigating the Haptic Aspects of Verbalised Product Experiences. **International Journal of Design**, v. 4, n. 3, 2010.

DARDEN, M. A.; SCHWARTZ, C. J. Investigation of skin tribology and its effects on the tactile attributes of polymer fabrics. **Wear**, v. 267, n. 5–8, p. 1289–1294, 2009.

DODDS, T. J. **Collaborative Interaction in Virtual Environments**, mar. 2009. West Yorkshire, Reino Unido: Leeds.

DUGULEANA, M.; BARBUCEANU, F. G.; TEIRELBAR, A.; MOGAN, G. Obstacle avoidance of redundant manipulators using neural networks based reinforcement learning. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 28, n. 2, p. 132 – 146, 2012.

DUQUE, R.; RODRÍGUEZ, M. L.; HURTADO, M. V.; BRAVO, C.; RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, C. Integration of collaboration and interaction analysis mechanisms in a concern-based architecture for groupware systems. **Science of Computer Programming**, v. 77, n. 1, p. 29–45, 2012.

DURÃO, M. J. Funções Peceptuais para o Design de Espaço. **Revista Caleidoscópio**, v. 7, p. 155–167, 2006.

DURUGBO, C.; HUTABARAT, W.; TIWARI, A.; ALCOCK, J. R. Modelling collaboration using complex networks. **Information Sciences**, v. 181, n. 15, p. 3143 – 3161, 2011.

DUVAL, R.; MORETTI, T. M. T. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento

Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée

Revemat: revista eletrônica de educação matemática, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/27282>>. Acesso em: 14/9/2013.

ELLIS, C. A.; GIBBS, S. J.; REIN, G. Groupware: some issues and experiences. **Communications of the ACM**, v. 34, n. 1, p. 39–58, 1991. Acesso em: 2/5/2012.

ESTÉVEZ, M. DE L. B.; GALLASTEGUI, J. J. A. El Método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 35, n. 3, p. 11, 2005.

FAGIANI, R.; MASSI, F.; CHATELET, E.; BERTHIER, Y.; AKAY, A. Tactile perception by friction induced vibrations. **Tribology International**, v. 44, n. 10, p. 1100–1110, 2011.

FAN, L. Q.; KUMAR, A. S.; JAGDISH, B. N.; BOK, S. H. Development of a distributed collaborative design framework within peer-to-peer environment. **Computer-Aided Design**, v. 40, n. 9, p. 891 – 904, 2008.

FATHIANATHAN, M.; PANCHAL, J. H. Incorporating design outsourcing decisions within the design of collaborative design processes. **Computers in Industry**, v. 60, n. 6, p. 392 – 402, 2009.

FERREIRA, G. P. G.; HEEMANN, A. Ambiente Virtual Colaborativo: aplicação e tendência do háptico. **Anais da II Conferência Internacional de Integração do Design, Engenharia e Gestão para a inovação**, p. 13, 2012. Conferência Internacional de Integração do Design, Engenharia e Gestão para a inovação.

FITZSIMONS, J. K. Seeing Motion Otherwise: Architectural Design and the Differently Sensing and Mobile. **Space and Culture**, v. 15, n. 3, p. 239–257, 2012. Acesso em: 26/10/2012.

FREUDENTHAL, A.; STÜDELI, T.; LAMATA, P.; SAMSET, E. Collaborative co-design of emerging multi-technologies for surgery. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 44, n. 2, p. 198 – 215, 2011.

FUKS, H.; RAPOSO, A. B.; GEROSA, M. A. Do Modelo de Colaboração 3C à Engenharia de Groupware. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web**, 2003.

Gazing into the oracle : the Delphi method and its application to social policy and public health. Bristol, Pa: Jessica Kingsley Publishers, 1995.

GERMANI, M.; MENGONI, M.; PERUZZINI, M. An approach to assessing virtual environments for synchronous and remote collaborative design. **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, n. 4, p. 793 – 813, 2012a.

GERMANI, M.; MENGONI, M.; PERUZZINI, M. A QFD-based method to support SMEs in benchmarking co-design tools. **Computers in Industry**, v. 63, n. 1, p. 12–29, 2012b.

GEROSA, M. A.; FUKS, H.; LUCENA, C. J. P. Suporte à Percepção em Ambientes de Aprendizagem Colaborativa. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 11, n. 2, p. 19, 2003.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5º ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOEL, A. K.; VATTAM, S.; WILTGEN, B.; HELMS, M. Cognitive, collaborative, conceptual and creative — Four characteristics of the next generation of knowledge-based CAD systems: A study in biologically inspired design. **Computer-Aided Design**, v. 44, n. 10, p. 879 – 900, 2012.

GORDON, W. J. J. **Synectics, the development of creative capacity**. Collier Books, 1973.

GOSSELIN, F.; BOUCHIGNY, S.; MÉGARD, C.; et al. Haptic systems for training sensorimotor skills: A use case in surgery. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 61, n. 4, p. 380 – 389, 2013.

GUADAGNO, R. E.; SWINTH, K. R.; BLASCOVICH, J. Social evaluations of embodied agents and avatars. **Computers in Human Behavior**, v. 27, n. 6, p. 2380 – 2385, 2011.

HA, S.; KIM, L.; PARK, S.; JUN, C.; RHO, H. Virtual prototyping enhanced by a haptic interface. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 58, n. 1, p. 135–138, 2009.

HATEM, W. A.; KWAN, A.; MILES, J. Comparing the effectiveness of face to face and computer mediated collaboration. **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, n. 2, p. 383 – 395, 2012.

HUANG, Y. Y.; MOLL, J.; SALLNÄS, E.-L.; SUNDBLAD, Y. Auditory feedback in haptic collaborative interfaces. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 70, n. 4, p. 257 – 270, 2012.

HUGHES, I. Virtual worlds, augmented reality, blended reality. **Computer Networks**, v. 56, n. 18, p. 3879 – 3885, 2012.

ISO 9241-910. ISO/TC 159 Ergonomics, Catálogo: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

ISO 9241-920. ISO/TC 159 Ergonomics, Catálogo: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.

JIN, S.-A. A. The virtual malleable self and the virtual identity discrepancy model: Investigative frameworks for virtual possible selves and others in avatar-based identity construction and social interaction. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 6, p. 2160 – 2168, 2012.

JIN, Y.; GESLIN, M.; LU, S. C.-Y. Impact of Argumentative Negotiation on Collaborative Engineering. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 56, n. 1, p. 181 – 184, 2007.

JURNET, I. A.; MALDONADO, J. G. Influence of personality and individual abilities on the sense of presence experienced in anxiety triggering virtual environments. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 68, n. 10, p. 788 – 801, 2010.

KAMPE, K. K. W.; FRITH, C. D.; DOLAN, R. J.; FRITH, U. Psychology: Reward value of attractiveness and gaze. **Nature**, v. 413, n. 6856, p. 589–589, 2001.

KENNY, A.; MCLOONE, S.; WARD, T. Controlling entity state updates to maintain remote consistency within a distributed interactive application. **ACM Trans. Internet Technol.**, v. 9, n. 4, p. 15:1–15:25, 2009.

KIM, M. J.; MAHER, M. L. The impact of tangible user interfaces on spatial cognition during collaborative design. **Design Studies**, v. 29, n. 3, p. 222 – 253, 2008.

KOCAR, V.; AKGUNDUZ, A. ADVICE: A virtual environment for Engineering Change Management. **Computers in Industry**, v. 61, n. 1, p. 15 – 28, 2010.

KOSMADOUDI, Z.; LIM, T.; RITCHIE, J.; et al. Engineering design using game-enhanced CAD: The potential to augment the user experience with game elements. **Computer-Aided Design**, v. 45, n. 3, p. 777 – 795, 2013.

KOTLYAR, I.; ARIELY, D. The effect of nonverbal cues on relationship formation. **Computers in Human Behavior**, v. 29, n. 3, p. 544 – 551, 2013.

KOUTSABASIS, P.; VOSINAKIS, S.; MALISOVA, K.; PAPAROUNAS, N. On the value of Virtual Worlds for collaborative design. **Design Studies**, v. 33, n. 4, p. 357 – 390, 2012.

KUCUKYILMAZ, A.; SEZGIN, T. M.; BASDOGAN, C. Intention Recognition for Dynamic Role Exchange in Haptic Collaboration. **IEEE Transactions on Haptics**, v. 6, n. 1, p. 58–68, 2013. Acesso em: 28/9/2013.

LAI, Y.-L. A constraint-based system for product design and manufacturing. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 25, n. 1, p. 246 – 258, 2009.

LEE, J. Conflict resolution in multi-agent based Intelligent Environments. **Building and Environment**, v. 45, n. 3, p. 574 – 585, 2010.

LEE, Y.-G.; PARK, H.; WOO, W.; et al. Immersive modeling system (IMMS) for personal electronic products using a multi-modal interface. **Computer-Aided Design**, v. 42, n. 5, p. 387 – 401, 2010.

LIMA, P. J. V.; HEEMANN, A. Premissas para o Alcance do Trabalho Colaborativo em Design. **Congresso Internacional de Pesquisa em Design**, p. 563–570, 2009. Bauru, SP.

LIN, S.; NARAYAN, R. J.; LEE, Y.-S. Hybrid client–server architecture and control techniques for collaborative product development using haptic interfaces. **Computers in Industry**, v. 61, n. 1, p. 83 – 96, 2010.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi method**. Reading, Mass. [usw.]: Addison-Wesley, 1975.

LOPES, A. L. M.; FRACOLLI, L. A. Revisão Sistemática De Literatura E Metassíntese Qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. **Contexto Enfermagem**, v. 4, n. 17, p. 771–779, 2008.

LOTTAZ, C.; CLÉMENT, D. E.; FALTINGS, B. V.; SMITH, I. F. C. Constraint-Based Support for Collaboration in Design and Construction. **Journal of Computing in Civil Engineering**, p. 23–36, jan. 1999.

LUSSIER, R. N. **Management fundamentals: concepts, applications, skill development**. Mason, OH: South-Western, 2009.

MAGAL-ROYO, T.; JORDA-ALBIÑANA, B.; RIO, J. G. DEL; CANELLAS, O. A.; GIMENEZ-LÓPEZ, J. L. Online Collaborative Environments in the Creative Process of Product Development for Engineering Students. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 51, n. 0, p. 677 – 681, 2012.

MAZZOLI, A.; GERMANI, M.; RAFFAELI, R. Direct fabrication through electron beam melting technology of custom cranial implants designed in a PHANTOM-based haptic environment. **Materials & Design**, v. 30, n. 8, p. 3186 – 3192, 2009.

MYRGIOTI, E.; BASSILIADES, N.; MILIOU, A. Bridging the HASM: An OWL ontology for modeling the information pathways in haptic interfaces software. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 4, p. 1358 – 1371, 2013.

NEE, A. Y. C.; ONG, S. K.; CHRYSOLOURIS, G.; MOURTZIS, D. Augmented reality applications in design and manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 61, n. 2, p. 657 – 679, 2012.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. DOS S.; OLIVEIRA, M. C. F. **Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação SBC, 2009.

NOON, C.; ZHANG, R.; WINER, E.; et al. A system for rapid creation and assessment of conceptual large vehicle designs using immersive virtual reality. **Computers in Industry**, v. 63, n. 5, p. 500 – 512, 2012.

O'MALLEY, M. K.; GUPTA, A. Haptic interfaces. **HCI Beyond the GUI: Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces**, n. Elsevier/Morgan Kaufmann, p. 25–74, 2008.

Open CASCADE. 2013.

OSTERLUND, J.; LAWRENCE, B. Virtual reality: Avatars in human spaceflight training. **Acta Astronautica**, v. 71, n. 0, p. 139 – 150, 2012.

OUERTANI, M. Z. Supporting conflict management in collaborative design: An approach to assess engineering change impacts. **Computers in Industry**, v. 59, n. 9, p. 882 – 893, 2008.

PARKINSON, B. Emotions in direct and remote social interaction: Getting through the spaces between us. **Computers in Human Behavior**, v. 24, n. 4, p. 1510 – 1529, 2008.

PEER, A.; GIACHRITSIS, C. D. **Immersive multimodal interactive presence**. London ; New York: Springer, 2012.

PELACHAUD, C. Studies on gesture expressivity for a virtual agent. **Speech Communication**, v. 51, n. 7, p. 630 – 639, 2009.

PEREIRA, Â. L.; BACHION, M. M. Atualidades em revisão sistemática de literatura, critérios de força e grau de recomendação de evidência. **Revista Gaúcha Enfermagem**, v. 4, n. 27, p. 491–299, 2006.

PLUME, J.; MITCHELL, J. Collaborative design using a shared IFC building model—Learning from experience. **Automation in Construction**, v. 16, n. 1, p. 28 – 36, 2007.

PRAHALAD, C. K.; RAMASWAMY, V. **O futuro da competição como desenvolver diferenciais inovadores em parceria com os clientes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PUNGOTRA, H.; KNOPF, G. K.; CANAS, R. Efficient algorithm to detect collision between deformable B-spline surfaces for virtual sculpting. **Computer-Aided Design**, v. 40, n. 10–11, p. 1055 – 1066, 2008.

PÜTTEN, A. M. VON DER; KLATT, J.; BROEKE, S. T.; et al. Subjective and behavioral presence measurement and interactivity in the collaborative augmented reality game TimeWarp. **Interacting with Computers**, v. 24, n. 4, p. 317 – 325, 2012.

RAHIMIAN, F. P.; IBRAHIM, R. Impacts of VR 3D sketching on novice designers' spatial cognition in collaborative conceptual architectural design. **Design Studies**, v. 32, n. 3, p. 255–291, 2011.

RAHMAN, N.; CHENG, R.; BAYERL, P. S. Synchronous versus asynchronous manipulation of 2D-objects in distributed design collaborations: Implications for the support of distributed team processes. **Design Studies**, v. 3, n. 34, p. 26, 2012.

REHM, M. "She is just stupid"—Analyzing user-agent interactions in emotional game situations. **Interacting with Computers**, v. 20, n. 3, p. 311 – 325, 2008.

ROBIN, V.; ROSE, B.; GIRARD, P. Modelling collaborative knowledge to support engineering design project manager. **Computers in Industry**, v. 58, n. 2, p. 188 – 198, 2007.

ROBINSON, K. The interrelationship of emotion and cognition when students undertake collaborative group work online: An interdisciplinary approach. **Computers & Education**, v. 62, n. 0, p. 298 – 307, 2013.

RODELLO, I. A.; BREGA, J. R. F. Realidade Virtual e Aumentada em Ações de Marketing. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. p.45–58, 2011. Sociedade Brasileira de Computação.

SALLES FILHO, S. L.; MELLO, D.; ZACKIEWICZ, M. **Organização da inovação e cooperação regional**. Montevideo: PROCISUR: BID, 2001., 2001.

SCHAF, F. M.; MÜLLER, D.; BRUNS, F. W.; PEREIRA, C. E.; ERBE, H.-H. Collaborative learning and engineering workspaces. **Annual Reviews in Control**, v. 33, n. 2, p. 246 – 252, 2009.

SCHUWERK, C.; CHAUDHARI, R.; STEINBACH, E. Perceptually Robust Traffic Control in Distributed Haptic Virtual Environments. In: P. Isokoski; J. Springare (Orgs.); **Haptics: Perception, Devices, Mobility, and Communication**. v. 7282, p.469–480, 2012. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-642-31401-8_42>. Acesso em: 3/9/2013.

SCOTT, K.; BAKKER, C.; QUIST, J. Designing change by living change. **Design Studies**, v. 33, n. 3, p. 279 – 297, 2012.

SENER, B.; WORMALD, P. User evaluation of HCI concepts for defining product form. **Design Studies**, v. 29, n. 1, p. 12 – 29, 2008.

SHARPLES, S.; STEDMON, A. W.; D'CRUZ, M.; et al. Human Factors of Virtual Reality - Where are We Now? **Meeting Diversity in Ergonomics**. p.173 – 186, 2007. Oxford: Elsevier Science Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008045373650012X>>. .

SHEHAB, E.; BOUIN-PORTET, M.; HOLE, R.; FOWLER, C. Enhancing digital design data availability in the aerospace industry. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 2, n. 4, p. 240 – 246, 2010.

SHEN, W.; HAO, Q.; LI, W. Computer supported collaborative design: Retrospective and perspective. **Computers in Industry**, v. 59, n. 9, p. 855–862, 2008.

SHEN, W.; HAO, Q.; MAK, H.; et al. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 2, p. 196 – 207, 2010.

SHEN, Y.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Augmented reality for collaborative product design and development. **Design Studies**, v. 31, n. 2, p. 118 – 145, 2010.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4º ed. Florianópolis, SC: UFSC, 2005.

SIMARD, J.; AMMI, M. Haptic interpersonal communication: improvement of actions coordination in collaborative virtual environments. **Virtual Reality**, v. 16, n. 3, p. 173–186, 2012.

TA, D. N. B.; ZHOU, S. A two-phase approach to interactivity enhancement for large-scale distributed virtual environments. **Computer Networks**, v. 51, n. 14, p. 4131 – 4152, 2007.

TANG, S.; XIAO, T.; FAN, W. A collaborative platform for complex product design with an extended HLA integration architecture. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 18, n. 8, p. 1048 – 1068, 2010.

TEE, K.; GREENBERG, S.; GUTWIN, C. Artifact awareness through screen sharing for distributed groups. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 67, n. 9, p. 677 – 702, 2009.

THOMAS, V. Enabling Technology for Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting. **Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 21, n. 3, p. 237 – 244, 2009.

TURKIYYAH, G. M.; KARAM, W. B.; AJAMI, Z.; NASRI, A. Mesh cutting during real-time physical simulation. **Computer-Aided Design**, v. 43, n. 7, p. 809–819, 2011.

UVA, A. E.; CRISTIANO, S.; FIORENTINO, M.; MONNO, G. Distributed design review using tangible augmented technical drawings. **Computer-Aided Design**, v. 42, n. 5, p. 364 – 372, 2010.

VirtuSphere. 2013.

VIVACQUA, A. S.; GARCIA, A. C. B.; GOMES, A. BOO: Behavior-oriented ontology to describe participant dynamics in collocated design meetings. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 2, p. 1139 – 1147, 2011.

VOGELEY, K.; BENTE, G. “Artificial humans”: Psychology and neuroscience perspectives on embodiment and nonverbal communication. **Neural Networks**, v. 23, n. 8–9, p. 1077 – 1090, 2010.

VRIES, E. DE; MASCLET, C. A framework for the study of external representations in collaborative design settings. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 71, n. 1, p. 46 – 58, 2013.

WALKOWSKI, S.; DÖRNER, R.; LIEVONEN, M.; ROSENBERG, D. Using a game controller for relaying deictic gestures in computer-mediated communication. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 69, n. 6, p. 362–374, 2011.

WANG, H.; ZHANG, H. Using collaborative computing technologies to enable the sharing and integration of simulation services for product design. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 27, n. 0, p. 47 – 64, 2012.

WizDish. 2013.

YU, J.; CHA, J.; LU, Y.; XU, W.; SOBOLEWSKI, M. A CAE-integrated distributed collaborative design system for finite element analysis of complex product based on SOOA. **Advances in Engineering Software**, v. 41, n. 4, p. 590 – 603, 2010.

YUILL, N.; ROGERS, Y. Mechanisms for collaboration: A design and evaluation framework for multi-user interfaces. **ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.** v. 19, n. 1, p. 1:1–1:25, 2012.

ZINKER, J.; MOURÃO NETTO, M. S. **Processo criativo em gestalt-terapia**. São Paulo: Summus, 2007.

ANEXOS

ANEXO 1 - RBS – COLABORAÇÃO

Este capítulo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema colaboração e suas dinâmicas. O resumo do processo efetuado pode ser observado no (Quadro 18) na sequência.

Quadro 18 - Revisão Bibliográfica Sistemática - Colaboração

FASE	ETAPAS	ABORDAGEM
1 – Entrada	Problema:	Quais dinâmicas são abordadas no Design Colaborativo?
	Objetivos:	Identificar modelos e paradigmas da colaboração que possam ser abordados em AVC
	Fontes primárias:	Portal de indexação: ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Strings de busca:	Collaborative, codesign, dynamics
	CrITÉrios de inclusão:	Contenham as palavras collaborative ou codesign, e dynamics Publicados no ano 2007 ao presente
	CrITÉrios de qualificação:	Qualitativos frente ao tema pesquisado
	Método e ferramentas	Através de pesquisa avançada no portal ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Execução:	20 de fevereiro 2013
2 – Processamento	Filtro 1: Booleana	pub-date > 2006 and title-abs-key("collaborative design" OR codesign OR "co-design") AND dynamics Resultado: 61 artigos
	Filtro 2: Leitura do título, resumo, sumário e periódico de origem.	Resultado: 31 artigos
	Filtro 3: leitura completa do trabalho, análise e interpretação do texto.	Resultado: 26 artigos
3 – Saída	Execução:	Relatório síntese da bibliografia pesquisada

Fonte: Elaborado pelo autor

A revisão identificou práticas de colaboração e negociação que ocorrem ao longo do processo de desenvolvimento. É abordado neste capítulo o design colaborativo e sua caracterização, uma rápida leitura da comunicação em processos colaborativos, da cooperação e também da coordenação e suas dinâmicas. Os autores identificados assim como um breve resumo do conteúdo pode ser observado no (Quadro 19).

Quadro 19 - Referências da RBS – Colaboração

Referências Localizadas - Seção 1/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2007	Ta; Zhou (2007)	Propõe algoritmo para entrada de usuários em sistemas	Validação em Ambientes Virtuais	Computer Networks
2007	Robin et al. (2007)	Modelagem do conhecimento colaborativo para gestão	Desenvolvimento de proposta	Computers in Industry
2007	Plume; Mitchell (2007)	Uso de ambiente virtual para ensino vinculado a arquitetura	Ensaio sobre problemas e oportunidades	Automation in Construction
2007	Jin et al. (2007)	Estudo sobre modelo de negociação para o suporte de design colaborativo em RA	Teste de software	CIRP Annals - Manufacturing Technology
2008	Shen et al. (2008)	Revisão da literatura sobre trabalho suportado pelo computador	Rever últimos 15 anos do tema	Computers in Industry
2008	Ouertani (2008)	Discute métodos de soluções de conflitos e os impactos das soluções no desenvolvimento	Práticas de Engenharia Simultânea	Computers in Industry
2008	Barcellini et al. (2008)	Método para estudar as interações distantes e assíncronas na colaboração	Análise da dinâmica social, design e temporal	Interacting with Computers
2008	Fan et al. (2008)	Propões estrutura colaborativa para redes p2p	Proposta de modelo e teste	Computer-Aided Design
2008	Kim; Maher (2008)	Comportamento do design colaborativo em interfaces tangíveis para o usuário	Análise sobre modelo compartilhado	Design Studies
2009	Fathianat han e Panchal (2009)	Apresenta modelo de processo colaborativo para facilitar a tomada de decisões dinâmicas	Proposta e discussão	Computers in Industry
2009	Lai (2009)	Método através de modelo para soluções através de restrições no design e manufatura	Geração de modelos através de software	Robotics and Computer-Integrated Manufacturing
2010	Yu et al. (2010)	Propõe método de projeto simultâneo distribuído baseado na Web e de design colaborativo	Avaliar a arquitetura proposta.	Advances in Engineering Software
2010	Uva et al. (2010)	Apresenta estrutura de comunicação em Realidade Aumentada	Uso com poucos recursos tecnológicos	Computer-Aided Design
2010	Tang et al. (2010)	Protótipo de plataforma colaborativa em HLA	Teste de conceito e aplicação	Simulation Modelling Practice and Theory

Referências Localizadas – Seção 2/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2010	Bock et al. (2010)	Utilização da ontologia para o alcance de resultados na exploração colaborativa	Utiliza de ontologia de um openworld	Advanced Engineering Informatics
2010	Lee (2010)	Modelo para Ambiente Inteligente com suporte de múltiplos agentes	Mecanismo para resolução de conflitos	Building and Environment
2011	Vivacqua et al. (2011)	Discutem a relação da ontologia com a aceitação dos produtos	Identificar saídas indesejadas	Expert Systems with Applications
2011	Durugbo et al. (2011)	Discute colaboração e termos da colaboração em organizações	Revisão teórica e proposta de modelo	Information Sciences
2011	Freudenthal et al. (2011)	Discute tecnológicas multidisciplinares para auxílio em cirurgias	Utiliza Rede ARISER	Journal of Biomedical Informatics
2012	Scott et al. (2012)	Design colaborativo orientado a prática.	Análise do discurso	Design Studies
2012	Rahman et al. (2012)	Uso compartilhado de objeto bidimensional através de sistema remoto	Verificar uso conforme fase do projeto	Design Studies
2012	Germani et al. (2012b)	Método de colaboração através de QFD para benchmarking em design	Utiliza QFD com plano de discurso	Computers in Industry
2012	Goel et al. (2012)	Caracteriza como devem operar os futuros softwares CAD Colaboração, Cognição, Criatividade e Conceito	Utiliza o software DANE como base de discurso	Computer-Aided Design
2013	Vries e Masclet (2013)	Com base nas perspectivas de cognição diádica e semiótica triádica	Tipologia para representações compartilhadas	International Journal of Human-Computer Studies
2013	Chandrasegaran et al. (2013)	Discute os aspectos internos e externos e também multidisciplinares do codesign	Revisão teórica e identificação de tendências	Computer-Aided Design

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda foram observados estudos recentes da colaboração em ambientes virtuais onde se identificou referências vinculadas ao uso de dispositivos multissensoriais em especial da háptica como meio de interação colaborativa. Os estudos desta área são ainda incipientes e solicitam uma visão ampla dos diferentes modelos de ambientes virtuais para um melhor entendimento. Desta forma, esta parte da revisão é apresentada no **CAPÍTULO 3 | AMBIENTES VIRTUAIS** seções 3.3.2 Ambientes Virtuais Colaborativos e 3.4 TECNOLOGIAS DE SUPORTE A COLABORAÇÃO.

ANEXO 2 - RBS – AMBIENTES VIRTUAIS

Este capítulo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema ambientes virtuais colaborativos e o design de produto. O resumo do processo efetuado pode ser observado no Quadro 20) na sequência.

Quadro 20 - Revisão Bibliográfica Sistemática - Ambientes Virtuais Colaborativos

FASE	ETAPAS	ABORDAGEM
1 – Entrada	Problema:	O que se tem em AVC para o desenvolvimento de produtos e para onde vamos?
	Objetivos:	Identificar tecnologias e paradigmas dos AVC para o design de produtos?
	Fontes primárias:	Portal de indexação: ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Strings de busca:	"collaborative virtual environment", "virtual words", "product design"
	Critérios de inclusão:	Contenham as palavras "collaborative virtual environment", ou "virtual words" e "product design" Publicados no ano 2007 ao presente
	Critérios de qualificação:	Qualitativos frente ao tema pesquisado
	Método e ferramentas	Através de pesquisa avançada no portal ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Execução:	20 de fevereiro 2013
2 - Processamento	Filtro 1: Booleana	pub-date > 2006 and pub-date > 2006 and ("collaborative virtual environment" OR "virtual words") AND "product design" Resultado: 22 artigos
	Filtro 2: Leitura do título, resumo, sumário e periódico de origem.	Resultado: 20 artigos
	Filtro 3: leitura completa do trabalho, análise e interpretação do texto.	Resultado: 17 artigos
3 - Saída	Execução:	Relatório síntese da bibliografia pesquisada

Fonte: Elaborado pelo autor

A revisão identificou teorias e práticas referentes a ambientes virtuais que podem ser utilizados como suporte a práticas de colaboração. Os autores identificados assim como um breve resumo do conteúdo pode ser observado no (Quadro 21):

Quadro 21 - Referências da RBS – Ambientes Virtuais

Referências Localizadas - Seção 1/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2007	Sharples et al. (2007)	Discute o papel da RV para o desenvolvimento nos 15 anos que precedem 2007	Utiliza revisão teórica do tema	Meeting Diversity in Ergonomics
2009	Tee et al. (2009)	Uso de ferramenta visual para facilitar a percepção de presença de outros usuários em ambientes virtuais	Identificar motivações e grau de percepção	International Journal of Human-Computer Studies
2010	Uva et al. (2010)	Efetuar revisões em projetos de design através de ambiente de realidade aumentada em rede	Uso de tecnologias comuns em RA	Computer-Aided Design
2010	Shen, Y. et al. (2010)	Apresenta estrutura de servidor e cliente para ambiente de design colaborativo simultâneo	Teste e validação da estrutura em RA para design	Design Studies
2010	Shen, W. et al. (2010)	Investiga a interação e a colaboração na arquitetura, engenharia e gestão	Revisão teórica sobre tecnologias e práticas	Advanced Engineering Informatics
2010	Shehab et al. (2010)	Sugere modelo de colaboração utilizado em projeto com universidades localizadas remotamente	Apresenta proposta de estrutura de operação	CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology
2010	Bruno; Muzzuppa (2010)	Realidade Virtual como método para o Design Colaborativo	Experimento de avaliação e comunicação em RV	International Journal of Human-Computer Studies
2010	Lin et al. (2010)	Propõe arquitetura híbrida entre cliente e servidor para o desenvolvimento colaborativo em interfaces com háptica	Desenvolvimento de estrutura processual	Computers in Industry
2010	Kocar; Akgunduz (2010)	Apresenta um ambiente virtual para gestão de mudanças.	Software ADVICE	Computers in Industry
2012	Wang; Zhang (2012)	Utilizando estímulos hápticos durante procedimento cirúrgico em ambiente virtual	Estimular o senso de presença em ambiente compartilhado	Simulation Modelling Practice and Theory
2012	Noon et al. (2012)	Interface imersiva para desenvolvimento CAD em realidade virtual.	Software de Desenvolvimento Avançado	Computers in Industry
2012	Nee et al. (2012)	Estado da arte do design e manufatura em realidade aumentada	Revisão teórica e análise de tendências	CIRP Annals - Manufacturing Technology,
2012	Germani et al. (2012)	Uso de ambiente virtual colaborativo para atividades de revisão do design	Projeto piloto para implantar ferramentas	Advanced Engineering Informatics

Referências Localizadas - Seção 2/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2012	Koutsabasis et al. (2012)	Sobre o valor das práticas colaborativas em ambientes virtuais de desenvolvimento	Três estudos de caso	Design Studies
2012	Hatem et al. (2012)	Verifica a efetividade da colaboração face a face a mediada pelo computador	Uso de um pacote CAD tridimensional	Advanced Engineering Informatics
2012	Magal-Royo et al. (2012)	Discute os ambientes virtuais no processo criativo de estudantes de engenharia.	Investiga o uso da internet no design	Procedia - Social and Behavioral Sciences
2013	Kosmadoudi et al. (2013)	Discute aspectos de jogos, técnicas e mecanismos que podem ser usados em CAD	Revisão teórica e análise de tendências	Computer-Aided Design

Fonte: Elaborado pelo autor

Observou-se também o uso de dispositivos multissensoriais em especial da háptica como meio de interação colaborativa em ambientes virtuais imersivos, também se discutiu o uso de ambientes massivos como mundos virtuais no cenário da colaboração.

ANEXO 3 - RBS – INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO

Este capítulo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema percepção, ambientes virtuais e colaboração. O resumo do processo efetuado pode ser observado no (Quadro 22) na sequência.

Quadro 22 - Revisão Bibliográfica Sistemática – Informação e Percepção

Fase	Etapas	ABORDAGEM
1 – Entrada	Problema:	Como a informação pode ser comunicada e percebida em ambientes virtuais
	Objetivos:	Identificar em canais de comunicação verbal e não verbal como a informação é disponibilizada e percebida em ambientes virtuais.
	Fontes primárias:	Portal de indexação: ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Critérios de inclusão:	Contenham as palavras nonverbal ou verbal ou non-verbal, e second life ou wonderland ou active words ou virtual environment ou virtual worlds, e collaboration e suas variantes. Publicados no ano 2007 ao presente.
	Critérios de qualificação:	Qualitativos frente ao tema pesquisado
	Método e ferramentas	Através de pesquisa avançada no portal ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Execução:	15 de setembro 2013
	Filtro 1: Booleana	pub-date > 2006 and TITLE-ABSTR-KEY(nonverbal OR "non-verbal" OR verbal)AND ("second life" OR "wonderland" OR "activeworlds" or "virtual environment" OR "virtual worlds")AND (collaborat*) Resultado: 38 artigos
2 - Processamento	Filtro 2: Leitura do título, resumo, sumário e periódico de origem.	Resultado: 20 artigos
	Filtro 3: leitura completa do trabalho, análise e interpretação do texto.	Resultado: 17 artigos
3 - Saída	Execução:	Relatório síntese da bibliografia pesquisada

Fonte: Elaborado pelo autor

A revisão identificou teorias e práticas referentes a percepção em especial as práticas de troca informacional através da comunicação verbal e não verbal que podem ser utilizados como suporte a colaboração. Os autores identificados assim como um breve resumo do conteúdo pode ser observado no (Quadro 23).

Quadro 23 - Referências da RBS – INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO

Referências Localizadas - Seção 1/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2008	Rehm (2008)	Investiga a relação de resposta e interação de usuários de jogos virtuais com agentes virtuais	Aprimorar as práticas de interação	Interacting with Computers
2008	Parkinson (2008)	Traça paralelos da emoção em relações diretas e remotas de interação social	Revisão teórica sobre os temas	Computers in Human Behavior
2009	Pelachaud (2009)	Através de múltiplos canais não verbais desenvolve agentes virtuais com repostas emocionais	Garantir uma comunicação efetiva	Speech Communication
2009	Baylor; Kim (2009)	Avalia modos comunicacionais verbais e não verbais em ambiente de aprendizagem	Teste responsivo a diferentes modos de ação	Computers in Human Behavior
2010	Vogele; Bente (2010)	Pesquisa agentes virtuais com inteligência para detecção de elementos não verbais.	Facilitar as interações em RV	Neural Networks
2010	Jurnet; Maldonado (2010)	Investiga a influência de fatores humanos na percepção de presença entre usuários	Aprimorar experiências de RV para terapia	International Journal of Human-Computer Studies
2010	Andreas et al. (2010)	Análise sobre diferentes apresentações comunicacionais no software Second Life	Análise qualitativa com estudantes	Computers & Education
2011	Walkowski et al. (2011)	Utilizando de informação visual adicional em ambiente virtual e controles gestuais	Aprimorar a informação não foto-realística	International Journal of Human-Computer Studies
2011	Guadagno et al. (2011)	Verificou a interação com agentes virtuais e avatars em ambiente simulado	Simulação de avatar e agente virtual	Computers in Human Behavior
2011	Chellali et al. (2011)	Apresenta atividade compartilhada através de dispositivo háptico	Hardware e Software aplicado ao teste	Interacting with Computers
2012	Pütten et al. (2012)	Investiga sob contexto comportamental e subjetivo a percepção de presença em RA	Verificar relações positivas e negativas	Interacting with Computers
2012	Jin (2012)	Pesquisa a diferença entre o usuário real e o virtual em ambientes de interação social baseados em avatar	Identificar discrepâncias e possibilidades de comunicação	Computers in Human Behavior

Referências Localizadas - Seção 2/2				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde

2012	Hughes (2012)	Apresenta uma revisão teórica sobre os mundos virtuais, realidade aumentada/combinada	Ensaio teórico sobre os temas	Computer Networks
2012	Huang et al. (2012)	Combina a comunicação visual e háptica com elementos de som para incrementar a qualidade da comunicação	Análise qualitativa através de testes	International Journal of Human-Computer Studies
2012	Hatem et al. (2012)	Compara atividade presencial com atividade executada em RA com software CAD	Teste comparativo qualitativo	Advanced Engineering Informatics
2013	Robinson (2013)	Investiga aspectos da comunicação e colaboração na relação sócio emocional	Desenvolver recomendações para groupware	Computers & Education
2013	Kotlyar; Ariely (2013)	Trata da relação da comunicação não verbal em sítios de encontro e a interação social	Pesquisa aplicada para identificar características	Computers in Human Behavior

Fonte: Elaborado pelo autor

Observou-se também ambientes virtuais imersivos e mundos virtuais como o comportamento simulado de avatares pode auxiliar na comunicação e apreensão da informação entre pares, também se discutiu o papel de agentes de inteligência artificial como apoio a imersão em mundos virtuais voltados a colaboração.

ANEXO 4 - RBS – DISPOSITIVOS HÁPTICOS

Este capítulo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema dispositivos. O resumo do processo efetuado pode ser observado no (Quadro 24) na sequência.

Quadro 24 - Revisão Bibliográfica Sistemática - Dispositivos Hápticos

Fase	Etapas	ABORDAGEM
1 – Entrada	Problema:	Quais os discursos da percepção sobre dispositivos hápticos?
	Objetivos:	Identificar modelos e paradigmas de uso de dispositivos hápticos que possam ser aplicados em AVC
	Fontes primárias:	Portal de indexação: ScienceDirect, Isi Web of Science
	Strings de busca:	Haptic, Collaboration AND Awareness
	CrITÉRIOS de inclusão:	Contenham as palavras haptic, collaboration, awareness, ou háptica colaboração ou cooperação e percepção Publicados no ano 2007 ao presente
	CrITÉRIOS de qualificação:	Qualitativos frente ao tema pesquisado
	Método e ferramentas	Através de pesquisa avançada no portal ScienceDirect, ISI Web of Knowledge, Scopus
	Execução:	20 de fevereiro 2013
2 - Processamento	Filtro 1: Booleana	pub-date > 2006 and title-abs-key(Haptic AND Collaboration AND Awareness) OR (Háptica AND Colaboração OR Cooperação AND Percepção) Resultado: 144 artigos Disponíveis para acesso: 70
	Filtro 2: Leitura do título, resumo, sumário e periódico de origem.	Resultado: 35 artigos
	Filtro 3: leitura completa do trabalho, análise e interpretação do texto.	Resultado: 25 artigos sendo 11 inéditos no documento final Normas ISO 9241-910 (2011) e ISO 9241-920 (2009)
3 - Saída	Execução:	Relatório síntese da bibliografia pesquisada

Fonte: Elaborado pelo autor

A revisão identificou características e definições dos dispositivos hápticos e verificou estudos e perspectivas de diferentes autores quanto ao trabalho atual e futuro sobre o tema háptico (Quadro 25)

Quadro 25 - Referências da RBS – HÁTICA

Referências Localizadas - Seção 1/3				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2007	Ta; Zhou (2007)	Apresenta estudo com duas fases de registro para uso em ambientes virtuais massivos	Suportar interações em tempo real	Computer Networks
2007	Benali-Khoudja et al. (2007)	Investiga o uso de um display tátil para a tomada de informação por pessoas com déficit visual	Validar uso de displays táteis	Displays
2008	Sener; Wormald (2008)	Análise de três ambientes de modelagem para o design industrial em AV imersivos	Identificar preferência de usuários	Design Studies
2008	Chen et al. (2008)	Estudo sobre avaliação de automóvel em escala real através do uso de realidade aumentada	Identificar práticas de avaliação	Displays
2008	Kim; Maher (2008)	O estudo avalia o impacto de interfaces tangíveis na cognição dos usuários na colaboração	Investigar aspectos para colaboração	Design Studies
2008	Pungotra et al. (2008)	Desenvolve algoritmo de colisão para objetos deformáveis em ambientes de desenvolvimento	Viabilizar a construção digitais	Computer-Aided Design
2009	Thomas (2009)	Apresenta discussões sobre viabilidades tecnológicas para cirurgias minimamente invasivas	Técnicas minimamente invasivas	Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery
2009	Schaf et al. (2009)	Apresenta estudo da colaboração em ambientes virtuais promovida por dispositivos sensoriais	Viabilizar a comunicação e aprendizado	Annual Reviews in Control
2009	Ha et al. (2009)	Estudo avalia o uso de dispositivos hápticos no desenvolvimento de protótipos	Prototipagem facilitada pela interface háptica	CIRP Annals - Manufacturing Technology
2009	Kenny et al. (2009)	Em um ambiente distribuído os autores desenvolvem o controle de estados de entidades	Controlar e atualizar entidades em AV	ACM Trans. Internet Technology
2009	Mazzoli et al. (2009)	Desenvolvimento de implantes cranianos através de ambiente háptico	Analisar os resultados obtidos	Materials & Design
2010	Bourdote et al. (2010)	Estudo a integração de AV e softwares CAD para o desenvolvimento imersivo	Verificar paradigmas da háptica	Computer-Aided Design
2010	Chang et al. (2010)	Desenvolvimento de esquema para simulação de deformação em sistemas háptico	Propor um esquema de desenvolvimento	Computer-Aided Design

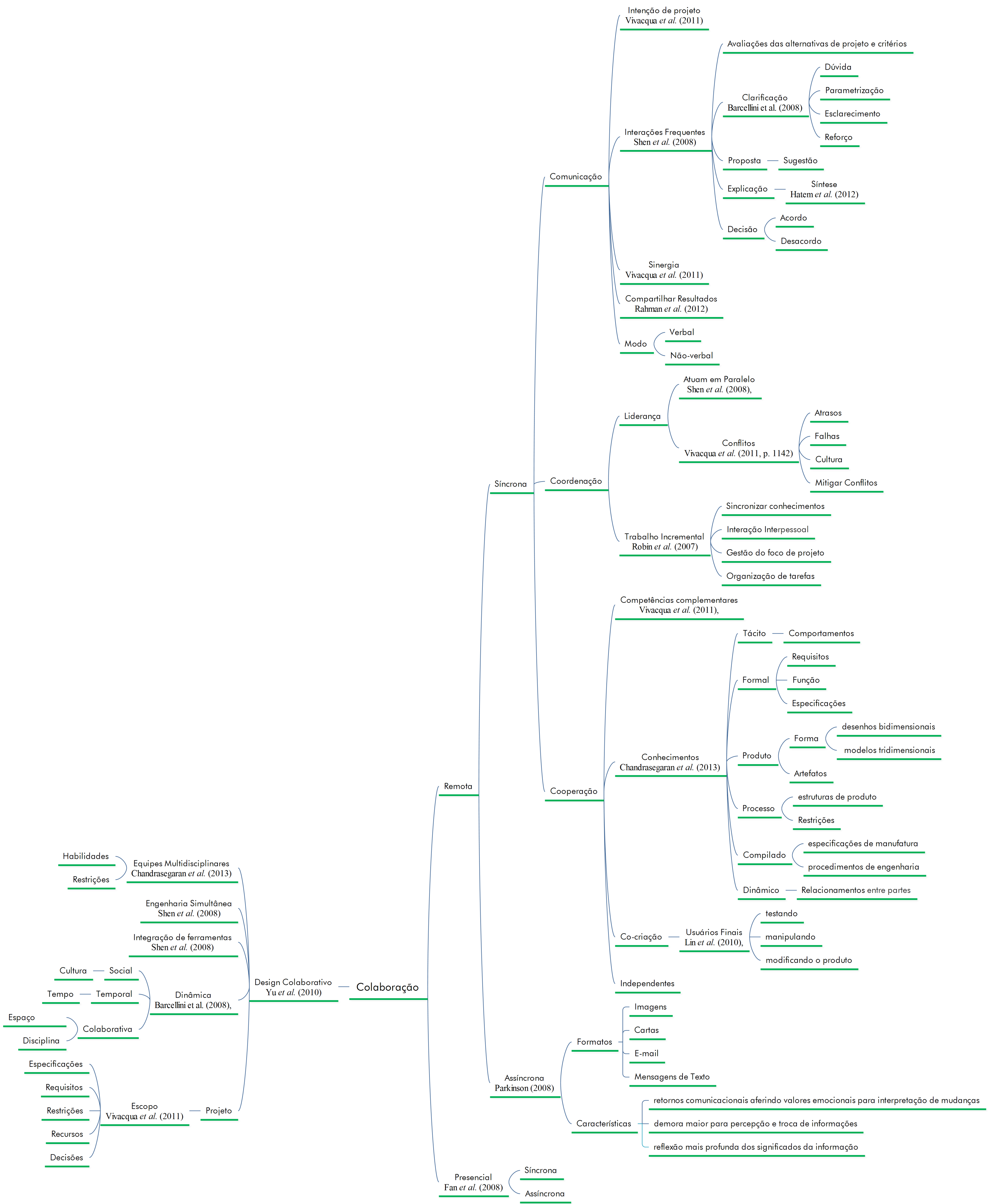
Referências Localizadas - Seção 2/3				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2010	Dagman et al. (2010)	Estudo comparativo entre descrição verbal e descrição através do toque	Identificar características SWOT	International Journal of Design
2010	Lee et al. (2010)	Investiga um software de modelagem imersiva para produtos eletrônicos	Verificar viabilidades e restrições	Computer-Aided Design
2011	Turkiyyah et al. (2011)	Apresenta um método para cálculo e exibição de cortes virtuais em tempo real	Viabilizar sistemas de treinamento	Computer-Aided Design
2011	Rahimian; Ibrahim (2011)	Analisa o impacto do desenho 3D em AV, sobre a cognição espacial para o desenho de arquitetura	Orientações para design háptico em AV	Design Studies
2011	Chellali et al. (2011)	Investiga o uso de interações hápticas em tarefas compartilhadas de colaboração	Identificar vantagens do uso da háptica	Interacting with Computers
2012	Yuill; Rogers (2012)	Através de estudos de caso discute a percepção, controle e viabilidade	Discutir sucessos e falhas de processos atuais	ACM Trans. Comput.-Hum. Interact
2012	Simard; Ammi (2012)	Discute metáforas para a comunicação e interação através da háptica em AV	Identificar o papel da comunicação háptica	Virtual Reality
2012	Rahman et al. (2012)	Discute a manipulação de objetos virtuais em ambiente síncrono e assíncrono	Implicação de sistemas distribuídos	Design Studies
2012	Nee et al. (2012)	Estado da arte do design e manufatura em realidade aumentada	Revisão teórica e análise de tendências	CIRP Annals - Manufacturing Technology
2012	Osterlund ; Lawrence (2012)	Estudo faz o uso de avatares e astronautas em RA para desenvolver sistemas de espaçonaves	Identificar restrições e necessidades de sistemas	Acta Astronautica
2012	Peer; Giachritsis (2012)	Investiga a percepção de presença em ambientes interativos multimodais	Viabilizar uso de ambientes imersivos	Springer
2013	Antle; Wise (2013)	Investiga o uso de teorias da cognição e aprendizado em interfaces tangíveis	Orientações para o trabalho em TUI	Interacting with Computers
2013	Bartenbach et al. (2013)	Estudo sobre dispositivos robóticos para reabilitação e treino de movimentos	Discutir o papel dos dispositivos na reabilitação	Journal of Neuroscience Methods
2013	Gosselin et al. (2013)	Estudo avalia o treinamento cirúrgico com instrutor através de sistemas virtuais hápticos	Avaliar capacidade de treinamento	Robotics and Autonomous Systems
2013	Kosmadoudi et al. (2013)	Investiga o uso de características de jogos para imersão em ambientes CAD	CAD através de características de jogos	Computer-Aided Design

Referências Localizadas - Seção 3/3				
Quando	Quem	Como	Objetivo	Aonde
2013	Kucukyilmaz et al. (2013)	Investiga como pode ser sinalizada a intenção de troca de turno na colaboração háptica	Verificar através de modelos a intenção de turno	IEEE Transactions on Haptics
2013	Myrgioti et al. (2013)	O estudo busca definir uma ontologia háptica para o desenvolvimento de softwares	Analisar resultados de estudo de caso	Expert Systems with Applications

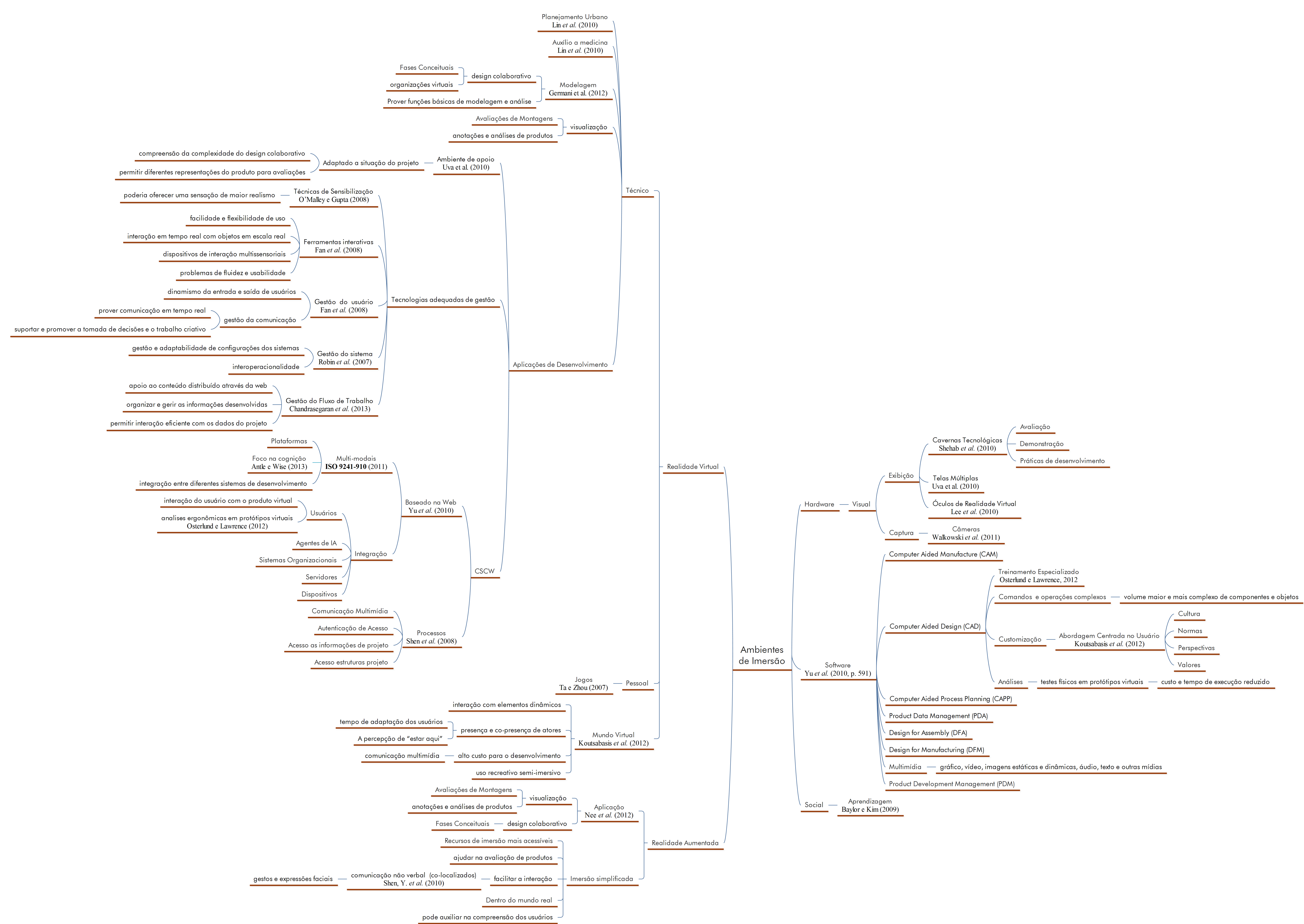
Fonte: Elaborado pelo autor

Da mesma forma, foram observados estudos da colaboração através do uso de dispositivos hápticos como meio de interação e foram ainda abordadas no capítulo as principais normativas ISO no tratamento da háptica.

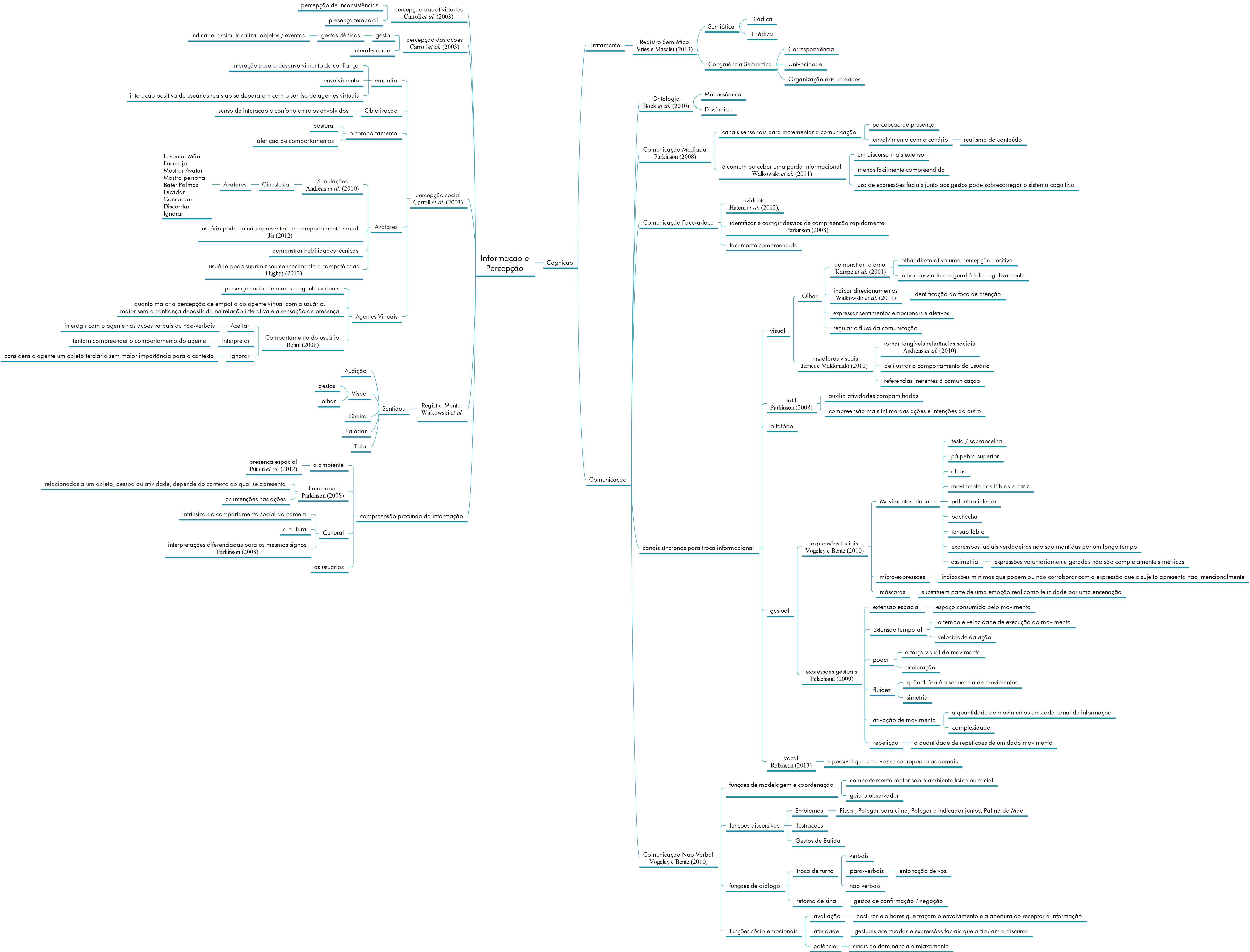
ANEXO 5 – MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS COLABORAÇÃO



ANEXO 6 - MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS AMBIENTES VIRTUAIS



ANEXO 7 - MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS INFORMAÇÃO E PERCEPÇÃO



ANEXO 8 - MAPEAMENTO DE CARACTERÍSTICAS DISPOSITIVOS HÁPTICOS

